GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSITAT JAUME•I

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIÉNCIAS EXPERIMENTALES

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE TANQUE PARA INDUSTRIA AGROPECUARIA DESTINADO AL ALMACENAJE DE AGUA

Autor:
- Juan Ramón Fernández Escrivá.

Empresa:
- Montajes y servicios mecánicos ALVA S.L

Tutor Universidad:
- David Hernández Figueirido

Castellón, Julio de 2017

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ECUACIONES

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. JUSTIFICACIÓN

El motivo principal de la elección de este Trabajo final de Grado viene dado por mi interés sobre las estructuras metálicas, y todo tipo de construcciones industriales. Dicho interés ha ido aumentando durante mi estancia en prácticas en la empresa "Montajes y Servicios mecánicos ALVA S.L".

Durante mis practicas externas he ido visualizando todo tipo de trabajos relacionados con el metal, como puede ser:

- Diseño y fabricación de intercambiadores de calor.
- Diseño y fabricación de hornos y calderas industriales.
- Diseño y fabricación de todo tipo de estructuras metálicas (Silos, chimeneas, etc)

De ahí surgió mi motivación personal de realizar un proyecto con el que pueda complementar todos los conocimientos adquiridos, tanto en la etapa de estudio, como en la etapa de prácticas externas.

Este proyecto supone para mí un reto personal y profesional, ya que, es el trabajo que culminará todos los años de esfuerzo.

2. OBJETO

El objetivo principal del presente documento es el diseño y cálculo de un tanque para una empresa dedicada a la industria agropecuaria. Dicho tanque se utilizará para el almacenamiento de agua destinado al proceso de elaboración de pienso para el sector avícola.

Para llevar a cabo dicho diseño, se tendrá en cuenta las distintas tipologías de tanques, además de una correcta selección de los materiales estructurales y la adecuada utilización de las diferentes normativas existentes para poder realizar dicho proyecto.

Finalmente, para realizar los cálculos estructurales se utilizará diferentes programas informáticos que permitan tanto el dimensionado del tanque, estructura y cimentación del silo, además de programas de diseño 3D para el diseño de todo el conjunto.

3. ALCANCE

Dicho proyecto se basará en el diseño y cálculo estructural de todo el conjunto, incluyendo:

- La estructura del tanque en sí.
- La estructura que soportará el tanque.
- Las placas de anclaje.
- Las cimentaciones de la estructura.

Por tanto, este proyecto queda exento de los siguientes requisitos:

- El cálculo de las uniones entre el tanque y estructura.
- El cálculo de las uniones soldadas entre el tanque y estructuras.
- El cálculo de las bridas de entrada y salida de agua del tanque.
- El cálculo de la boca de hombre.

Para realizar dicho proyecto se tendrá que estudiar los diferentes materiales que se pueden encontrar en el mercado, eligiendo el oportuno en función a sus características y su coste económico.

4. ANTECEDENTES.

La empresa que contrata dicho proyecto, “Producciones Agropecuarias del Turia, S.A.U”, tiene la necesidad de aumentar la cantidad de agua depurada almacenada y para ello requieren de la construcción de otro tanque de almacenaje de agua para poder satisfacer la demanda de producción.

La empresa dispone de espacio suficiente para llevar a cabo la construcción del tanque y ha facilitado los requisitos de diseño que desean que satisfaga este proyecto.

5. NORMAS Y REFERENCIAS

5.1. Disposiciones legales y normas

Las diferentes normativas utilizadas para poder llevar a cabo este proyecto se listan a continuación:

- **UNE 157001**. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- **UNE 1027**, Dibujos técnicos. Plegado de planos.
- **UNE EN 10027**. Designación simbólica de los aceros.
- **UNE 1990**. Bases Del cálculo de estructuras.
- **UNE 1991-1-1**. Acciones generales: pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios.
- **UNE 1991-1-3**. Acciones de viento.
- **UNE 1991-1-4**. Acciones de nieve.
- **UNE 1991-4**. Acciones sobre silos y tanques.
- **UNE 1993-4-2**. Diseño de estructuras. Tanques.
- **UNE 1993-1-6**. Fuerza y estabilidad de chapas en estructuras

5.2. Programas de cálculo

Se han utilizado diversos programas informáticos de diseño y cálculo estructural para poder realizar la modelación 3D del conjunto del tanque, además de calcular por una parte la estructura del tanque y por último la estructura que soporta el tanque.

A continuación, se muestran los programas utilizados:

- **SAP 2000**. Este programa, es un programa de cálculo estructural y con el que se ha realizado todo el cálculo estructural de la estructura del tanque de agua en sí. Es un programa que permite modelar de forma rápida cualquier estructura sea sencilla o compleja y realizar un cálculo estructural de la estructura modelada.

- **CYPE 3D**. Este es otro programa de cálculo estructural, pero a diferencia del SAP 2000, este permite calcular y dimensionar las cimentaciones de la estructura. Es decir, este programa ha resultado de utilidad para calcular la estructura que soporta el tanque y dimensionar las zapatas de la estructura.

- **AUTOCAD 2015**. Es un programa de dibujo, el cual ser´ña utilizado a la hora de realizar los planos definitivos del proyecto.

- **SOLIDWORKS 2016**. Por último, se ha utilizado Solidworks para modelar y realizar el diseño 3D para tener una visión del conjunto y ver como seria el proyecto en la realidad.

5.3. Bibliografía

- Temario asignatura EM1026. Teoría de estructuras.
- Temario asignatura EM1027. Construcciones industriales.

5.4. Otras referencias

- www.aenor.es
- www.constructalia.com

6. ACEROS Y PERFILES EN ESTRUCTURAS

6.1. Aceros

El acero es un material que contiene, en peso, más hierro que cualquier otro elemento simple, con un contenido en carbono normalmente inferior al 2%.

Los aceros destinados a estructuras metálicas suelen contener generalmente hasta un 0.25% de carbono. Es decir, son aceros hipoeutectoides al tener un contenido menor al 0.8% de carbono. En su composición tienen perlita+ferrita.

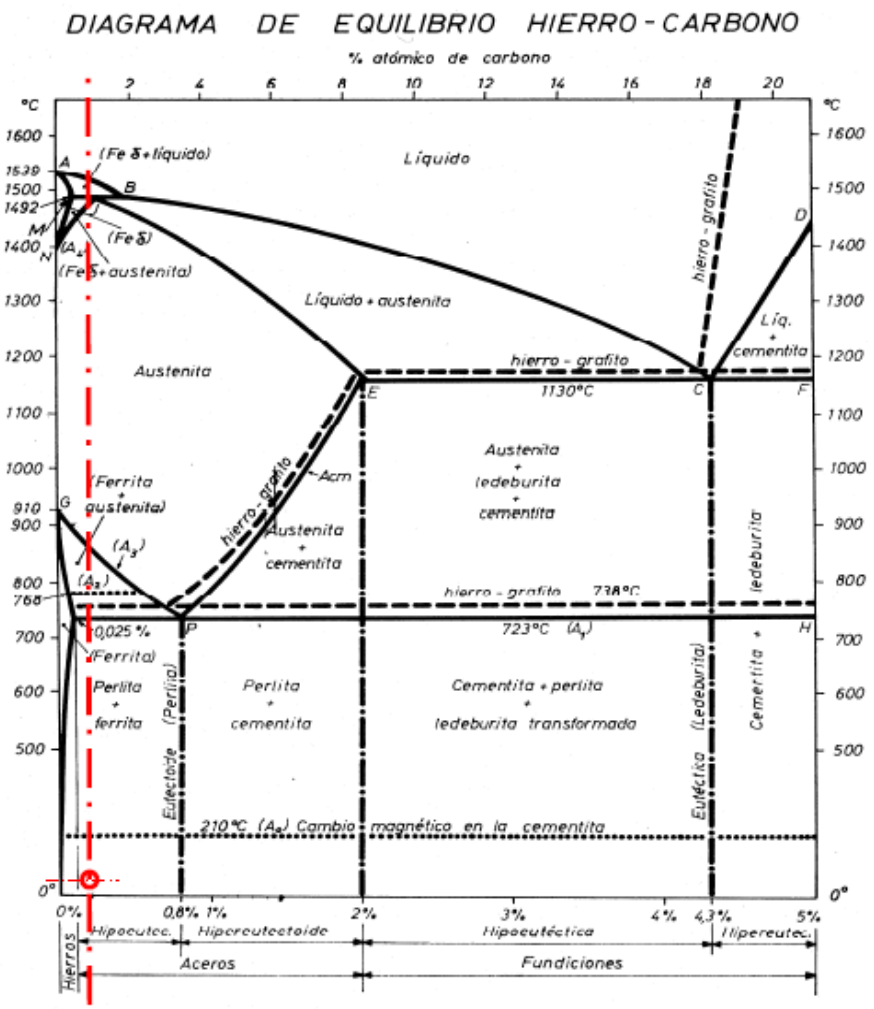


Figura 1: Diagrama de equilibrio hierro-carbono

6.1.1. Características mecánicas

Las características mecánicas que diferencian los diferentes tipos de acero son los siguientes:

- Resistencia, se determina con un ensayo a tracción y se obtiene el límite elástico (fy) y la tensión límite de rotura (σr).
- Resiliencia, es la energía absorbida en el ensayo de flexión por choque y es determinada con el ensayo del "Péndulo de Charpy", obteniendo el grado de sensibilidad de un acero a la rotura frágil.

Los aceros dependen de las anteriores características, pero hay características que son prácticamente independientes de a composición, son las siguientes:

- Módulo de elasticidad (E), es prácticamente independiente de la composición y del tratamiento del acero. E = 210.000 MPa (N/mm^2).
- Densidad (ϒ), ϒ = 78.50 KN/m^3.
- Coeficiente de dilatación térmica (α), α = 1.2*10^-5 m/m*ºC.
- Coeficiente de Poison (**υ**), **υ** = 0,3
- Módulo de rigidez (G), G = 81000 MPa (N/mm^2).

6.1.2. Clasificación de los aceros

Los aceros están designados por la norma UNE EN 10027, mediante caracteres alfanuméricos que expresan las características básicas de los mismos.

LETRAS CLAVE + PROPIEDAD CARACTERÍSTICA + GRADO

- Las letras clave designa la aplicación a la que se debe destinar el acero.
- La propiedad característica indica el límite elástico del acero.
- El grado indica la resiliencia del material, es decir, la energía de rotura a una determinada temperatura de ensayo.

El acero para construcciones metálicas normalmente utilizado es el acero S275JR, donde:

- S, indica que se trata de un acero para construcción metálica.
- 275, indica que el acero tiene un límite elástico de 275 MPa.
- JR, indica el grado del acero con una energía en rotura de 27J a una temperatura de ensayo de 20ºC.

6.2. Perfiles de acero

Los diferentes tipos de perfiles de acero existentes en el mercado se clasifican en función del material, la tecnología de fabricación y la forma de su sección.

Clasificación en función de la tecnología de fabricación:

- Perfiles laminados en caliente, (IPE, HEA, HE, HEM, UPN, L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular y chapas).
- Perfiles conformados en frio, (LF, LDF, UF, redondo (RF), cuadrado (CF)).

6.2.1. Utilidad de cada perfil

La forma de la sección del perfil influye en el comportamiento que tendrá el perfil dependiendo el tipo de esfuerzos que se le aplique. Por ello, se debe distinguir las principales utilidades de los diferentes tipos de perfiles, ya que según el tipo de esfuerzos a los que esté sometido el perfil, unos tipos de perfil tendrá cierta ventaja o desventaja.

Clasificación de los perfiles en función a los esfuerzos que aplica:

- Esfuerzos a flexión, el perfil que soporta mejor los esfuerzos a flexión es el perfil IPE.
- Esfuerzos a compresión, los perfiles adecuados para soportar esfuerzos a compresión son los perfiles HEB O los tubulares (Cuadrados, redondos).
- Esfuerzos a tracción, los perfiles que soportan mejor los esfuerzos a tracción son los perfiles conformados en frio (LF, LDF, UF, redondo (RF), cuadrado (CF)).

7. ACCIONES SOBRE TANQUES

Las acciones sobre tanques están reguladas por la norma europea EN-1991-4. Donde redacta las acciones a tener en cuenta en el diseño de tanques para almacenamiento de líquidos a presión atmosférica.

7.1. Definición y sus efectos

Una acción es una perturbación sobre un sistema que tiende a cambiar su estado actual (posiblemente de equilibrio) y se traduce siempre en una variación de las variables de estado del sistema.

Una acción simple es una acción estocásticamente independiente, en el tiempo y en el espacio, de cualquier otra acción actuante en la estructura.

Una acción dinámica como puede ser la que produce el viento, se representa a través de fuerzas estáticas equivalentes. Según el caso, los efectos de la aceleración dinámica estarán incluidos implícitamente en los valores característicos de la acción correspondiente o se introducirán mediante un coeficiente dinámico

Los efectos que provocan las acciones sobre las estructuras metálicas suelen ser tensiones y deformaciones.

7.2. Clasificación de las acciones

Las acciones que se deben considerar en los cálculos estructurales se clasifican por su variación en el tiempo:

- **Acciones permanentes (G),** son aquellas que actúan en todo instante sobre la estructura en posición constante. Su magnitud puede ser constante o no.
- **Acciones variables (Q),** son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura. Cuya variación en magnitud en el tiempo no es ni despreciable ni monotónica.

- **Acciones accidentales (A),** son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero que si ocurriese sería de gran importancia, normalmente de corta duración, pero de magnitud significativas.

Dentro de si se trata de una acción permanente, variable o accidental, se pueden diferenciar diferentes tipos de acciones en estructuras.

7.2.1. Acciones permanentes (G)

La clasificación de las acciones permanentes consiste en el siguiente listado de acciones:

- **Acciones debidas al PP**.
  Son Las acciones provocadas por el peso de los elementos estructurales, es decir, tanto de la estructura del tanque en si, como la estructura que soporta el tanque y el posible aislamiento del tanque.
  El valor característico de del peso propio de los elementos constructivos se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios.

- **Acciones debidas al pretensado**.
  Son las acciones causadas por fuerzas controladas y/o deformaciones controladas sobre la estructura.

- **Acciones debidas a empujes del terreno**.
  Son las acciones trasmitidas a la estructura por el suelo, los terraplenes o el agua subterránea.

7.2.2. Acciones variables

La clasificación de las acciones permanentes consiste en el siguiente listado de acciones:

- **Acciones debidas a la sobrecarga de uso**.

  Es el peso de todo lo que pueda gravitar sobre la estructura debido al uso de la misma.

  Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden representarse como una carga distribuida uniformemente.

- **Acciones debidas a la acción del viento.**

  La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre el tanque o estructura, y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de la superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

  Las acciones dinámicas producidas por el viento se representan a través de fuerzas estáticas equivalentes.

  Las acciones debidas al viento están regularas por la norma EN-1991-1-4.

- **Acciones debidas a la nieve**.

  La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre una cubierta, depende del clima del emplazamiento, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma de la estructura o cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los parámetros exteriores.

  Las acciones debidas a la nieve están reguladas por la norma EN-1991-1-3.

- **Acciones térmicas.**

  Los efectos globales de la acción térmica pueden obtenerse a partir de la variación de temperatura media de los elementos estructurales en general, separadamente para los efectos de verano, dilatación, y de invierno, contracción, a partir de una temperatura de referencia.

Las tensiones resultantes de la restricción de la expansión térmica pueden ser ignoradas si el número de ciclos de carga debido a la expansión térmica es tal, que no hay riesgo de fallo por fatiga o fallo de plástico cíclico-

Las acciones debidas a la nieve están reguladas por la norma EN-1991-1-5.

- **Acciones de presión interna.**

  Son acciones provocadas por la presión hidrostática que ejerce el fluido sobre la virola del tanque, se puede representar como una carga distribuida con dirección hacia fuera del tanque.

- **Acciones debidas a las conexiones.**

  Son las acciones resultantes de tuberías, válvulas, y otros objetos relacionados con el tanque. Las tuberías de entrada y salida del tanque deberán estar diseñadas para minimizar las cargas aplicadas al tanque.

7.2.3. Acciones accidentales

La clasificación de las acciones permanentes consiste en el siguiente listado de acciones:

- **Acciones provocadas por sismo.**

  Son las acciones que surgen debidas a los movimientos del terreno provocados por los terremotos.

- **Acciones debidas al fuego.**

  Son las acciones que actúan sobre la estructura debidas a un foco de incendio accidental.

- **Acciones debidas a un impacto.**

  Son las acciones provocadas del impacto de un vehículo u objeto voluminoso sobre la estructura, provocando una acción accidental.

- **Acciones debidas a una explosión.**

7.3. Acciones consideradas

Para el diseño y cálculo estructural del tanque no se han considerado todas las acciones anteriormente listadas.

Se ha decidido no tener en cuenta las acciones accidentales debido a que, el tanque va a estar situado en un lugar del emplazamiento de la empresa alejado de peligros de posibles impactos, explosiones, posibles focos de incendio y además, la zona no tiene peligrosidad sísmica.

También, se ha decidido no tener en cuenta las acciones variables menos relevantes.

Finalmente, las acciones consideradas en el cálculo son las siguientes:

- **Acciones permanentes:**
    - Peso propio de la estructura del tanque.
    - Peso propio de la estructura que soporta el tanque.

- **Acciones variables:**
    - Acciones provocadas por la acción del viento.
    - Acciones provocadas por la acción de la nieve.
    - Acciones provocadas por la presión hidrostática del agua sobre las paredes del tanque.
    - Acciones provocadas por la presión hidrostática del agua sobre el fondo del tanque

8. BASES DE CÁLCULO

Para el cálculo estructural del tanque y su estructura, se realizarán las comprobaciones de los estados límites definidos en la norma EN-1990. La norma EN-1990 establece los principios y requisitos de seguridad, aptitud al servicio y durabilidad de las estructuras, establece las bases de cálculo y verificación.

8.1. Vida útil del cálculo

La vida útil de los cálculos es proporcionada por la siguiente tabla:

Categoría de vida útil de cálculo	Vida útil de cálculo indicativa	Ejemplos
1	10	Estructuras temporales (1)
2	10 a 50	Partes de estructuras reemplazables, por ejemplo: vigas de rodadura, aparatos de apoyo
3	15 a 30	Estructuras agrícolas y similares
4	50	Estructuras de edificios y otras estructuras comunes
5	100	Estructuras de edificios monumentales, puentes y otras estructuras de ingeniería civil.
(1) Estructuras o partes de estructuras que puedan desmontarse con la intención de volver a usarse no deberían considerarse como estructuras temporales.		

Tabla 1:Vida útil de cálculo indicativa

Al tratarse de una estructura para uso industrial, la categoría de vida del cálculo es 3, por tanto, la vida útil del cálculo está situada entre 15 y 30 años.

8.2. Principios de cálculo en estados límites

Los estados límites son aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple algunos requisitos estructurales para los que ha sido diseñada. Se pueden distinguir entre los estados límite últimos y los estados límite de servicio.

8.2.1. Situaciones de dimensionado

Las situaciones de diseño deben englobar todas las condiciones y circunstancias previsibles durante la ejecución y la utilización de la estructura, teniendo en cuenta las diferentes probabilidades de cada una.

Las situaciones de dimensionado se clasificas en:

- **Persistentes**, se refieren a condiciones normales de uso. Es decir, las acciones permanentes.
- **Transitorias**, se refieren a unas condiciones aplicables durante un tiempo limitado (no se incluyen las acciones accidentales). Es decir, las acciones variables.
- **Extraordinarias**, se refieren a unas condiciones excepcionales en las que se puede encontrar, o a las que puede estar expuesta la estructura. Es decir, acciones accidentales.

8.2.2. Estados límites últimos (ELU)

Los estados límites últimos, (ELU), son los estados que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio, colapso total o parcial de la estructura metálica.

Se deben clasificar como estados límites últimos a los estados límite que se refieran a:

- La seguridad de las personas.
- La Seguridad de la estructura.

Con los estados límites últimos se comprueba la capacidad portante, que consiste en la capacidad de un elemento, o componente, o de una sección transversal de un elemento o componente de una estructura de soportar acciones sin fallos mecánicos.

Para los estados límite últimos referidos a estructuras el tanque se debe comprobar los siguientes criterios:

- Resistencia, consiste en comprobar que la sección más desfavorable de un elemento cumpla la verificación de resistencia.
- Estabilidad, consiste en comprobar que el elemento no sufre pandeo.

Para los estados limites últimos referidos a la chapa de los tanques se debe comprobar los siguientes criterios:

- Límite plástico, el estado límite plástico debe ser tomado como la condición de capacidad de la estructura a resistir las acciones que provoquen deformación en el material.
- Plasticidad cíclica, el estado límite de plasticidad cíclico debe ser tomado como la condición en la que los ciclos repetidos de carga y descarga producen tensión y en un mismo punto, lo que provoca el agotamiento de la capacidad de absorción de energía del material.
- Estabilidad, el estado límite de pandeo debe ser tomado como la condición en la que la totalidad o parte de la estructura de repente desarrolla grandes desplazamientos normales a la superficie de la cáscara, causadas por la pérdida de estabilidad debidas a la compresión.
- Fatiga, el estado límite de fatiga se debe tomar como la condición en la que los ciclos repetidos conducen al desarrollo de una grieta por fatiga.

8.2.2.1. Estados Límite últimos considerados

Los criterios de estados límites últimos que se van a comprobar para la estructura que soportará el tanque, son los siguientes mostrados:

- Resistencia
- Estabilidad

Para el cálculo de los estados límites últimos del tanque se depreciará la comprobación del criterio de plasticidad cíclica y fatiga, ya que el tanque no va a estar destinado a ciclos repetitivos constantemente. El tanque va a almacenar agua que la mayor parte del tiempo va estar en condiciones estáticas, no es un tanque que vaya a estar sometido a continuas cargas y descargas de agua, por lo tanto, la comprobación de estos dos criterios se desprecia.
Por lo tanto, Los Criterios de comprobación que se tendrán en cuenta en el tanque, se muestran a continuación:

- Limite plástico.
- Estabilidad.

8.2.3. Estados límites de servicio (ELS)

Los estados límite de servicio, (ELS), son los estados que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de la estructura o a la apariencia de la construcción.

Se deben clasificar como estados límite de servicio a los estados límite que se refieran a los siguientes criterios:

- La integridad de la estructura o conjunto bajo uso normal.
- La comodidad de las personas, confort.
- La apariencia de la estructura.

Con los estados límites de servicio se comprueba la aptitud de servicio de una estructura.

Se considerará que hay un comportamiento adecuado si cumple las verificaciones de deformación para las situaciones de dimensionado pertinentes. Las verificaciones de deformación que se producen en las estructuras son las siguientes:

- Desplome. El nudo con mayor desplome deberá cumplir el desplome máximo permitido.
- Flecha relativa. Las flechas de pilares y vigas deberán cumplir su correspondiente flecha máxima.

Los criterios de estados límites de servicio solo se tendrán en cuenta para la estructura que soporta el tanque, ya que el tanque no está destinado para albergar personas, y no es necesario la comprobación, a no ser que sea un requisito del cliente.

A continuación, se muestra la flecha relativa máxima que deben cumplir los elementos de la estructura metálica para satisfacer las comprobaciones:

$$\boldsymbol{fr \leq \frac{L}{250}}$$

Ecuación 1: flecha relativa máxima para pilares

$$\boldsymbol{fr \leq \frac{L}{300}}$$

Ecuación 2: flecha relativa máxima para vigas

9. COMBINACIÓN DE ACCIONES

La combinación de acciones está regulada por la norma EN-1990, donde están redactadas las diferentes combinaciones en función de si se trata de Estados límites últimos (ELU) o de Estados límites de servicio (ELS).

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones simultaneas.

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Ecuación 3: Combinación de acciones con coeficientes de combinación

- **Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Ecuación 4: Combinación de acciones sin coeficientes de combinación

- **Donde:**

G_k Acción permanente

P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

9.1. Estados límites últimos (ELU)

Las combinaciones de acciones para los estados límites últimos se definen simbólicamente mediante las siguientes 3 expresiones:

- Combinaciones de acciones para situaciones permanentes y transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P P \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Ecuación 5: Combinación de acciones para situaciones permanentes y transitorias

- Combinaciones de acciones para situaciones de proyecto accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } A_d \text{ "+" } \left(\psi_{1,1} \text{ o } \psi_{2,1}\right) Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Ecuación 6: Combinación de acciones para situaciones de proyecto accidentales

- Combinaciones de acciones para situaciones de proyecto sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } A_{Ed} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Ecuación 7: Combinación de acciones para situaciones de proyecto sísmicas

Los coeficientes parciales de las acciones para el cálculo de los estados límite últimos son los siguientes:

$$\boldsymbol{Para\ las\ cargas\ permanentes} \rightarrow \ \boldsymbol{\gamma} \ = \mathbf{1,35}$$

$$\boldsymbol{Para\ las\ cargas\ variables} \rightarrow \ \boldsymbol{\gamma} \ = \mathbf{1,5}$$

Ecuación 8: Coeficientes parciales para cálculo de ELU

Los coeficientes de combinación de las acciones para el cálculo de los estados límite últimos son los siguientes:

$$\boldsymbol{Para\ la\ carga\ debido\ a\ la\ presión\ hidrostática} \rightarrow \ \Psi \ = \mathbf{1}$$

$$\boldsymbol{Para\ la\ cargas\ del\ viento} \rightarrow \ \Psi \ = \mathbf{0,6}$$

$$\boldsymbol{Para\ la\ carga\ de\ nieve} \rightarrow \ \Psi \ = \mathbf{0,5}$$

Ecuación 9: Coeficientes de combinación de acciones para cálculo de ELU

9.1.1. Combinación de acciones consideradas en ELU

La combinación de acciones que se utilizará para el cálculo de los estados límites últimos será, la combinación de acciones para situaciones permanentes y transitorias, ya que, esta combinación tiene en cuenta las acciones permanentes, la acción variable predominante y las acciones variables de acompañamiento.

La combinación de acciones consideradas viene dada por las 29 hipótesis siguientes:

$$\boldsymbol{Hipótesis}\ \mathbf{1} \rightarrow \ \mathbf{1.35} * \boldsymbol{G}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis}\ \mathbf{2} \rightarrow \ \mathbf{1.35} * \boldsymbol{G} + \mathbf{1.5} * \boldsymbol{Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis}\ \mathbf{3} \rightarrow \ \mathbf{1.35} * \boldsymbol{G} + \mathbf{1.5} * \boldsymbol{Qph} + \mathbf{1.5} * \mathbf{0.6} * \boldsymbol{Qviento}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis}\ \mathbf{4} \rightarrow \ \mathbf{1.35} * \boldsymbol{G} + \mathbf{1.5} * \boldsymbol{Qph} + \mathbf{1.5} * \mathbf{0.5} * \boldsymbol{Qnieve1}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis}\ \mathbf{5} \rightarrow \ \mathbf{1.35} * \boldsymbol{G} + \mathbf{1.5} * \boldsymbol{Qph} + \mathbf{1.5} * \mathbf{0.5} * \boldsymbol{Qnieve2}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis}\ \mathbf{6} \rightarrow \ \mathbf{1.35} * \boldsymbol{G} + \mathbf{1.5} * \boldsymbol{Qph} + \mathbf{1.5} * \mathbf{0.5} * \boldsymbol{Qnieve3}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 7 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qph + 1.5 * 0.6 * Qviento + 1.5 * 0.5 * Qnieve1}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 8 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qph + 1.5 * 0.6 * Qviento + 1.5 * 0.5 * Qnieve2}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 9 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qph + 1.5 * 0.6 * Qviento + 1.5 * 0.5 * Qnieve3}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 10 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 11 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 12 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 0,5 * Qnieve1}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 13 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 0,5 * Qnieve2}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 14 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 0,5 * Qnieve3}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 15 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph + 1.5 * 0,5 * Qnieve1}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 16 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph + 1.5 * 0,5 * Qnieve2}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 17 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph + 1.5 * 0,5 * Qnieve3}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 18 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve1}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 19 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve1 + 1.5 * 1 * Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 20 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve1 + 1.5 * 0.6 * Qviento}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 21 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve1 + 1.5 * 0.6 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 22 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve2}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 23 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve2 + 1.5 * 1 * Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 24 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve2 + 1.5 * 0.6 * Qviento}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 25 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve2 + 1.5 * 0.6 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 26 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve3}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 27 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve3 + 1.5 * 1 * Qph}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 28 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve3 + 1.5 * 0.6 * Qviento}$$

$$\boldsymbol{Hipótesis\ 29 \rightarrow\ 1.35 * G + 1.5 * Qnieve3 + 1.5 * 0.6 * Qviento + 1.5 * 1 * Qph}$$

Ecuación 10: Hipótesis de combinación ELU

Donde:

- G, es la acción permanente del peso propio.
- Qviento, es la acción variable del viento.
- Qnieve1, es la acción variable de la nieve considerando una carga simétrica.
- Qnieve2, es la acción variable de la nieve considerando una carga asimétrica, siendo mayor en el lado derecho.
- Qnieve3, es la acción variable de la nieve considerando una carga asimétrica, siendo mayor en el lado izquierdo.
- Qph, es la acción variable de la presión hidrostática
- El coeficiente parcial para las acciones permanentes es de 1,35.
- El coeficiente parcial para las acciones variables es de 1.5.

9.2. Estados Límites de servicio (ELS)

Las combinaciones de acciones para los estados límites de servicio se definen simbólicamente mediante las siguientes tres expresiones:

- Combinación característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Ecuación 11: Combinación característica

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Ecuación 12: Combinación frecuente

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Ecuación 13: Combinación casi-permanente

Los coeficientes parciales de las acciones para el cálculo de los estados límite de servicio es igual a uno. Es decir:

$$\gamma = 1$$

Ecuación 14: Coeficiente parcial para cálculo de ELS

10. DISEÑO DE TANQUES

El diseño de tanques está regulado por la norma europea EN-1993-4-2, donde explica a detalle todos los requisitos que se deben contemplar para el diseño de tanques.

Las reglas de diseño que aparecen en la norma anterior, solo se pueden aplicar para diseño de tanques destinados a almacenamiento de líquidos a presión atmosférica.

10.1. Clases de tanques

Existen tres clases de tanques:

- **Tanques de clase 1**: Tanques para la agricultura o que son diseñados para almacenaje de agua.
- **Tanques de clase 2**: Tanques de tamaño medio, destinados al almacenaje de aguas contaminadas o líquidos inflamables.
- **Tanques de clase 3**: Tanques para almacenamiento de líquidos potencialmente tóxicos o explosivos. Para este caso las acciones accidentales deben ser tenidas en cuenta obligatoriamente.

La clase de tanque a proyectar debe ser un requisito de diseño, que debe ser acordado por el cliente y el diseñador.

El tanque a proyectar será un tanque de clase 1, debido a que va a ser un tanque destinado solamente a almacenamiento de agua.

10.2. Estados límite en tanques

La chapa que cubre el tanque, es decir, la pared del tanque incluyendo el fondo y el techo del mismo, debe ser detal proporción que cumpla los requisitos básicos de diseño para el estado límite último.

La chapa del tanque debe ser revisada para los siguientes criterios de estados límite últimos:

- Límite plástico.
- Plasticidad cíclica.
- Pandeo.
- Fatiga.

Los estados límite de servicio para el chapado del tanque deben tomarse como:

- Deformaciones que afectan negativamente a la utilización del tanque.
- Deformaciones que causan daño a los elementos no estructurales.

Los valores límite, deben ser acordados entre el diseñador y el cliente, teniendo en cuenta la aplicación prevista y de la naturaleza de los líquidos que van a ser almacenados.

Para la situación de proyecto, no hace falta comprobar los estados límite se servicio, ya que, el cliente no ha especificado ningún límite de servicio, por lo tanto, el tanque no será diseñado para satisfacer el confort de las personas.

Es decir, para el cálculo estructural del tanque en si, solo se tendrán en cuenta los estados límite últimos.

10.3. Tipos de sección en tanques

Los tanques pueden ser de diferentes formas y secciones, las secciones más utilizadas para la construcción de tanques son las siguientes:

- **Sección circular.**
- **Sección cuadrada.**
- **Sección rectangular.**

10.4. Tipos de paredes en tanques

Se diferencian tres diseños de paredes en tanques, son los siguientes:

- **Isótropa**: Pared cilíndrica construida a partir de chapa de acero laminado, unidas mediante uniones soldadas entre chapas.
- **Corrugada**: pared cilíndrica construida a partir de chapa corrugada, permitiendo una reducción de espesor de la chapa, debido la forma corrugada rigidiza la chapa.
- **Reforzada**: pared cilíndrica construida con chapa de acero laminado y rigidizada mediante nervios formados por perfiles, consiguiendo una mayor resistencia.

Normalmente, cuando se trata de una pared construida de chapa laminado, es decir isótropa, se le suele llamar técnicamente "Virola".

10.5. Tipos de cubiertas en tanques.

Existen tres tipos de cubiertas en tanques:

- **Cubierta esférica**, proporciona una mejor resistencia frente a cargas de nieve, debido a su esfericidad, ya que, evita una acumulación excesiva de carga de nieve. Además, las cubiertas esféricas de poca luz no necesitan ningún pilar central para soportarla.
- **Cubiertas planas**, las cubiertas planas deben estar provistas normalmente de un pilar central y de una estructura auxiliar para soportar las cargas que se le puedan aplicar a dicha cubierta. Este tipo de cubiertas acumulas más carga de nieve.
- **Cubiertas cónicas,** son menos comunes en tanques, se suelen utilizar en la construcción de silos.

11. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

11.1. Definiciones

- **Acero**: Es un material que contiene, en peso, más hierro que cualquier otro elemento simple, con un contenido en carbono normalmente inferior al 2%.

- **Hipoeutectoide**: Son aceros con contenido en carbono inferior a 0.8%.

- **Resistencia**: Propiedad mecánica de un material que indica su habilidad a resistir acciones, normalmente en unidades de tensión.

- **Resiliencia**: Es la energía absorbida en el ensayo deflexión por choque.

- **Acción**: Es una perturbación sobre un sistema que tiende a cambiar su estado actual.

- **Acción simple**: Es una acción estocásticamente independiente, en el tiempo y en el espacio, de cualquier otra acción actuante en la estructura.

- **Acción dinámica**: Acción que llega a causar una aceleración significativa de la estructura o de los elementos estructurales

- **Acción permanente**: Es aquella que actúa en todo instante sobre la estructura en posición constante. Su magnitud puede ser constante o no.

- **Acción variable**: Acción cuya variación en magnitud de tiempo no es ni despreciable ni monotónica.

- **Acción accidental**: Acción, normalmente de corta duración, pero de magnitud significativa, que no es previsible que ocurra en una estructura dada durante su vida útil.

- **Tanque**: Un tanque es un recipiente para almacenar productos líquidos.

- **Virola**: Es la pared cilíndrica que envuelve el tanque, formada por chapa.

- **Vida útil de cálculo:** Periodo durante el cual se supone que una estructura o parte de la misma va a ser utilizada para el fin deseado, previendo su mantenimiento, pero sin ser necesaria ninguna reparación sustancial.

- **Estados límites**: Son aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura metálica no cumple algunos requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

- **Estado limite último (ELU)**: Son los estados que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio, colapso total o parcial de la estructura metálica.

- **Capacidad portante:** Capacidad de un elemento, o componente, o de una sección transversal de un elemento o componente de una estructura de soportar acciones sin fallos mecánicos.

- **Estado límite de servicio (ELS)**: Son los estados que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de la estructura o a la apariencia de la construcción.

- **Aptitud de servicio**: Criterio de cálculo para un estado límite de servicio.

- **Desplome**: Se refiere a la perdida de verticalidad de algún elemento constructivo.

- **Flecha relativa**: Descenso máximo de vano respeto al extremo del elemento, dividido por la luz del elemento.

- **Boca de hombre**: Entrada por la que pueda acceder un operario al interior de un recipiente para realizar labores de inspección o mantenimiento.

- **Brida**: Conexión que sirve para la unión mediante tornillos de dos tubos independientes, consiguiendo estanqueidad entre los dos tubos unidos.

- **Luz**: Distancia, en proyección horizontal, existente entre los apoyos de una viga o elemento estructural.

- **Placa de anclaje:** Esta formada por diferentes elementos (Pernos, chapa, chapones), cuya función es la sujeción de una estructura con la cimentación.

- **Cartela:** Chapa normalmente de pequeño tamaño utilizada para rigidizar alguna parte de una estructura.

11.2. Abreviaturas

- **G**: acción permanente.

- **Q**: acción variable.

- **Qph**: acción variable debida a la presión hidrostática.

- **Qviento**: acción variable debida al viento.

- **Qnieve**: acción variable debida a la nieve.

- **A**: acción accidental.

- **PP**: peso propio.

- **ELU**: estado límite último.

- **ELS**: estado límite de servicio.

12. REQUISITOS DE DISEÑO

12.1. Requisitos de diseño facilitados por el cliente

El cliente nos ha proporcionado realizar este proyecto con el fin de que el tanque a diseñar cumpla los siguientes requisitos:

- Debe poder almacenarse en el tanque una cantidad de agua mínima de 20.000 litros.
- El tanque ha capaz de albergar una cantidad máxima de agua de 25.000 litros, por si acaso fuese necesario almacenar cierta cantidad de agua de más por motivos de demanda de producción.
- El tanque de agua debe estar soportado por una estructura metálica.
- El tanque debe tener solamente una entrada y una salida de agua.
- La anchura máxima del tanque no debe exceder de 4 metros por cuestiones de aprovechamiento de espacio y posibles ampliaciones de las instalaciones de la fábrica.
- La altura máxima del tanque no debe sobrepasar los 12 metros de altura, debido a instalaciones de alta tensión en las alturas del emplazamiento del tanque.
- La pared del tanque debe ser isótropa, es decir, debe estar constituida solamente por chapa laminada, para así tener una superficie interior completamente lisa e impedir que se acumule suciedad en el interior de las paredes.

12.2. Situación y emplazamiento

La empresa donde se construirá el conjunto del tanque, es una empresa conocida en el sector agropecuario situada en el municipio de Massalfassar situado en el norte de Valencia.

En la siguiente figura se muestra el plano de situación para una mejor localización.

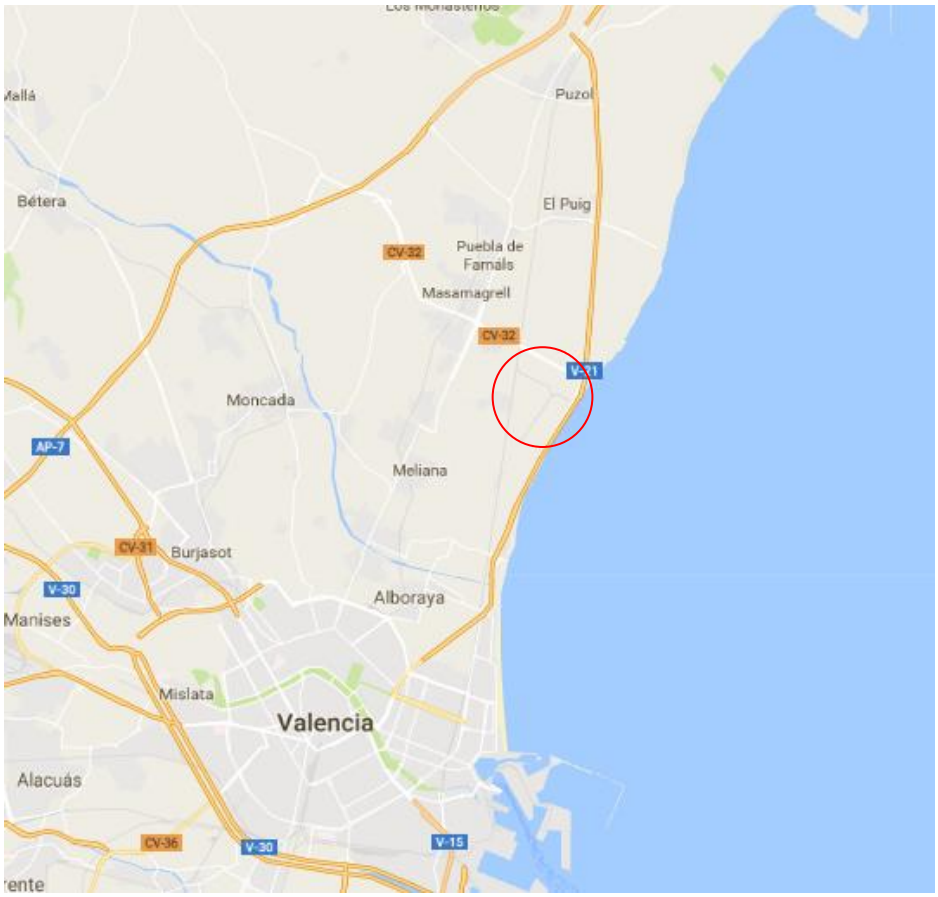


Figura 2:Plano de situación de la empresa

La empresa se denomina “Producciones Agropecuarias del Turia, S.A.U” y su principal trabajo es la elaboración de todo tipo de piensos relacionados con la alimentación animal, especialmente elaboración de pienso para sector avícola, vacuno y porcino.

La empresa está situada en la zona Norte del polígono, dicho se denomina “Polígono industrial Mediterráneo”.

En el siguiente mapa se muestra el plano de situación de la empresa.

Figura 3: Situación del polígono Mediterráneo

Por último, se muestra la ilustración del emplazamiento de la empresa y el lugar donde va a ser ubicado el tanque.

Figura 4: Emplazamiento de la empresa y ubicación del tanque

12.3. Descripción de la idea inicial de diseño.

Basándose en los requisitos proporcionados por el cliente y satisfaciendo cada uno de ellos, se ha llegado a la conclusión de que el tanque será de la siguiente forma:

- Para satisfacer la cantidad de agua máxima y mínima de almacenaje, se ha considerado que el tanque será cilíndrico, con un diámetro interno de 3 metros y una altura de 4 metros, siendo los últimos 0,5 metros la una cubierta esférica que cierra el tanque. Es decir, el volumen útil del tanque es de 24740 litros.
- El tanque será soportado por una estructura metálica, formada por cuatro pilares y cuatro vigas, formando una base cuadrada de lado igual al diámetro del tanque.
- Como el diámetro del tanque y anchura de la estructura que soporta el tanque serán de 3 metros, también se satisface el requisito de diseño de que el tanque no debe exceder de 4 metros de diámetro.
- La altura de la estructura metálica que soportará el tanque tendrá una altura de 3 metros, satisfaciendo la condición de que el conjunto no debe sobrepasar los 12 metros de altura.
- La pared del tanque estará formada por chapa laminada unida mediante soldaduras a tope.
- El tanque a proyectar será un tanque de clase 1, debido a que va a ser un tanque destinado solamente a almacenamiento de agua.

Por lo tanto, una vez se tiene el diseño inicial de la forma inicial del tanque, ya se puede proceder al dimensionado del mismo.

13. DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DE LA OBRA DE LA OBRA

En esta sección del proyecto se detalla las características que presenta todos los elementos que constituyen el tanque y su conjunto.

A continuación, se detallan las dimensiones de todo el conjunto.

- Altura total = 7 metros.
- Anchura total = 3 metros.
- Profundidad total = 3 metros

Todos los elementos están formados por acero S275JR, es un acero destinado a la realización de construcciones de estructuras metálicas.

13.1. Desbroce y excavaciones

Una vez iniciada la ejecución de la obra, el primer paso es la limpieza y desbroce del terreo donde va a estar situado el tanque, por lo cual, se realiza un desbroce en el terreno mediante maquinas o métodos manuales.

Seguidamente, una vez efectuada dicha limpieza del terreno se procederá a marcar el terreno donde irán ubicadas todas las excavaciones necesarias para llevar a cabo la ejecución de las cimentaciones.

13.2. Cimentaciones

El siguiente paso es la realización de las cimentaciones. La función de la cimentación es trasmitir al terreno las cargas que se producen sobre la estructura y que los pilares y placas de anclaje transmiten a la cimentación.

La cimentación está constituida por:

- **4 zapatas cuadradas centradas de dimensiones 1,05m X 1,05m X 0,4m**
- **4 vigas de atado de dimensiones 3m X 0,4m X 0,4m**

Las zapatas y vigas de atado están constituidas por los siguientes elementos:

- **Hormigón de limpieza HL-150/B/20**, capa de profundidad 0,10m.
- **Hormigón HA-25**, para el resto de la cavidad de la excavación.
- **Armado de acero**, formado por barras de acero corrugado B400S de diámetro 16mm.
- **Pernos de anclajes B400S,** de diámetro 10mm.

13.3. Placas de anclaje

La función de las placas de anclaje es permitir la unión entre la estructura y la cimentación, es decir, la unión de los pilares con la cimentación.

Son necesarias 4 placas de anclaje, debido a que se tienen 4 pilares que sustentan la estructura y el tanque.

Las placas de anclaje están constituidas por:

- **4 placas base de dimensiones 250mm X 250mm X 14mm**, es la chapa donde apoya el pilar.
- **4 pernos de anclaje por cada placa de anclaje de diámetro 10mm**, es el elemento de unión entre el cimiento y la placa base.

Dado a que el tanque no tiene mucha envergadura, no ha sido necesario que las placas de anclaje contasen con cartelas**.** Las cartelas son chapas de pequeñas dimensiones que aumentan la rigidez y resistencia de la placa de anclaje.

13.4. Estructura metálica

La estructura metálica ocupa una superficie de 9 m2. Siendo todos los elementos que la forman de acero S275JR.

Características dimensiónales de la estructura metálica:

- **Altura**: 3 metros.
- **Anchura**: 3 metros.
- **Profundidad**: 3 metros.

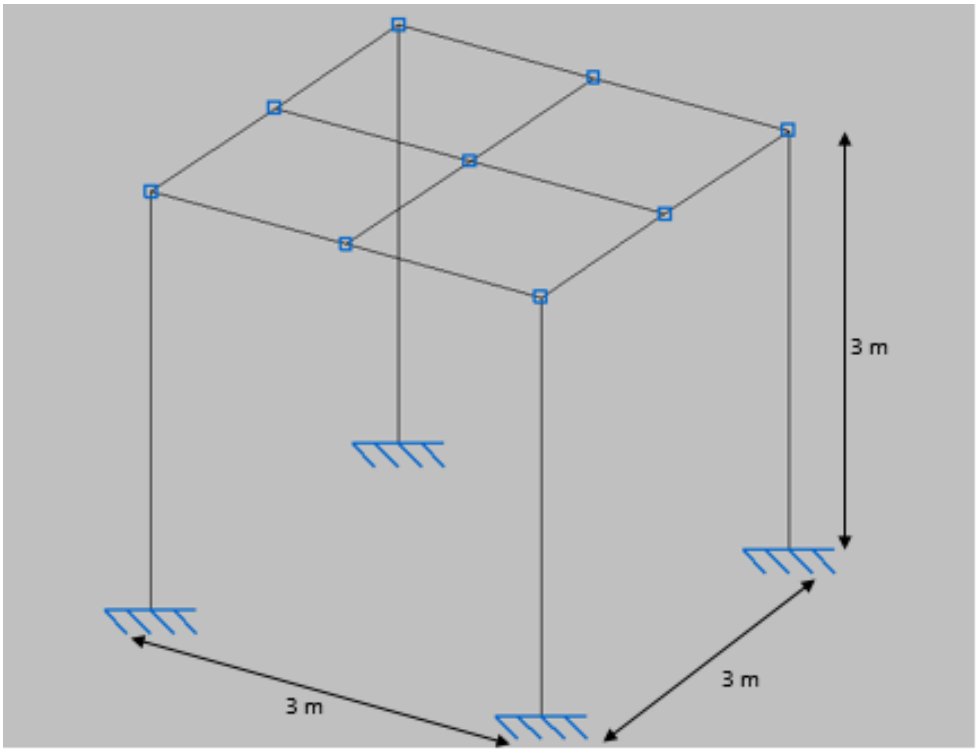


Figura 5: Geometría de la estructura metálica

La Estructura metálica está constituida por los siguientes elementos estructurales:

- **4 pilares de perfil HEB160**, se ha elegido este tipo de perfil, ya que, es idóneo para soportar cargas a compresión.
- **4 vigas de unión entre pilares de perfil IPE240**, la elección de un perfil tipo IPE para las vigas es debido a que es el perfil idóneo para soportar cargas a flexión
- **4 vigas centrales de perfil IPE200**, ya que, no hace falta que tengan el mismo perfil que las vigas perimetrales y se consigue una mayor optimización de la estructura.

13.5. Tanque

El tanque es un tanque de clase 1, debido a que es un tanque destinado solamente a almacenamiento de agua.

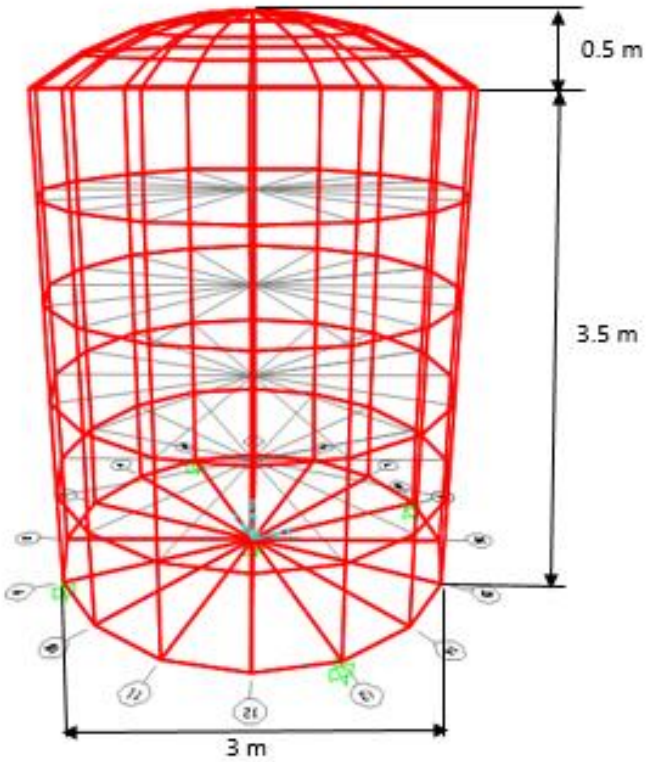


Figura 6: Geometría del tanque

Las paredes del tanque son isótropas, es decir, es una virola formada por chapa de acero S275JR laminado. La unión de las chapas es soldada y el tipo de unión es "A tope".

La cubierta del tanque es esférica, formada también por chapa de acero S275JR laminado. La unión entre las chapas que forman la cubierta y la cubierta con la virola son soldadas y el tipo de unión "A tope".

El fondo del tanque está formado por una chapa circular de acero S275JR. La unión entre el fondo y la virola es "A tope en L".

Características dimensionales del tanque:

- **Altura de virola**: 3,5 metros.
- **Altura de la cubierta esférica**: 0,5 metros.
- **Altura total del tanque**: 4 metros.
- **Diámetro**: 3 metros.
- **Espesor virola**: 25mm
- **Espesor cúpula esférica**: 25mm
- **Espesor fondo**: 25mm

14. RESUMEN DE LOS CÁLCULOS

14.1. Resumen cálculos tanque

SVMmax	s11max	s22max	s12max	Comprobación ELU Límite elástico	Comprobación ELU Pandeo
N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2		
8,823	1,796	-7,76	0,392	$\sigma eq, Ed, max = 8,823\ MPa < 261,9\ MPa$ **CUMPLE**	$1,34 * 10^{-3} \leq 1$ **CUMPLE**

14.2. Resumen cálculos estructura

La comprobación de la resistencia cumple si el aprovechamiento es menor al 100%.

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N5/N13	86.19	1.500	-7.506	-0.059	-64.396	-0.03	81.91	0.05	G	Cumple
N13/N6	86.19	0.000	-7.506	0.059	64.396	0.03	81.91	0.05	G	Cumple
N6/N9	77.49	1.500	-13.344	-0.053	-66.661	-0.02	73.04	0.04	G	Cumple
N9/N7	77.49	0.000	-13.344	0.053	66.661	0.02	73.04	0.04	G	Cumple
N11/N7	86.19	0.000	-7.506	-0.059	64.396	-0.03	81.91	-0.05	G	Cumple
N8/N11	86.19	1.500	-7.506	0.059	-64.396	0.03	81.91	-0.05	G	Cumple
N10/N12	91.05	1.500	3.194	0.000	-34.777	0.00	52.45	0.00	G	Cumple
N12/N11	79.29	0.000	3.183	0.000	30.248	0.00	45.65	0.00	G	Cumple
N13/N12	79.29	1.500	3.183	0.000	-30.248	0.00	45.65	0.00	G	Cumple
N12/N9	91.05	0.000	3.194	0.000	34.777	0.00	52.45	0.00	G	Cumple
N4/N7	72.94	3.000	-132.276	7.559	13.403	0.00	-27.43	-15.16	G	Cumple
N1/N6	72.94	3.000	-132.276	7.559	-13.403	0.00	27.43	-15.16	G	Cumple
N5/N10	77.49	1.500	-13.344	0.053	-66.661	0.02	73.04	-0.04	G	Cumple
N10/N8	77.49	0.000	-13.344	-0.053	66.661	-0.02	73.04	-0.04	G	Cumple
N3/N8	72.94	3.000	-132.276	-7.559	13.403	0.00	-27.43	15.16	G	Cumple
N2/N5	72.94	3.000	-132.276	-7.559	-13.403	0.00	27.43	15.16	G	Cumple

Barras	COMPROBACIONES ELU (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N5/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 0.8$	x: 1.5 m $\eta = 85.2$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 22.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 86.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 22.6$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 86.2$**
N13/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 85.2$	x: 1.5 m $\eta = 1.8$	x: 1.5 m $\eta = 22.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 86.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	x: 1.5 m $\eta = 22.6$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 86.2$**
N6/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 1.5$	x: 1.5 m $\eta = 76.0$	x: 1.5 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 23.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 77.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 23.4$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 77.5$**
N9/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 76.0$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 1.5 m $\eta = 23.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 77.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	x: 1.5 m $\eta = 23.4$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 77.5$**
N11/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 85.2$	x: 1.5 m $\eta = 1.8$	x: 1.5 m $\eta = 22.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 86.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	x: 1.5 m $\eta = 22.6$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 86.2$**
N8/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 0.8$	x: 1.5 m $\eta = 85.2$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 22.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 86.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 22.6$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 86.2$**
N10/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 90.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 16.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 91.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 91.0$**
N12/N11	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 78.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.5 m $\eta = 14.5$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 79.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 79.3$**
N13/N12	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	x: 1.5 m $\eta = 78.9$	x: 1.5 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 14.5$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 79.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 79.3$**
N12/N9	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 90.6$	x: 1.5 m $\eta = 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 16.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 91.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 91.0$**
N4/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 3 m $\eta = 29.6$	x: 3 m $\eta = 34.1$	$\eta = 5.0$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.1$	$\eta = 0.5$	**CUMPLE $\eta = 72.9$**
N1/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 3 m $\eta = 29.6$	x: 3 m $\eta = 34.1$	$\eta = 5.0$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.1$	$\eta = 0.5$	**CUMPLE $\eta = 72.9$**
N5/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 1.5$	x: 1.5 m $\eta = 76.0$	x: 1.5 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 23.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 77.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 23.4$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 77.5$**
N10/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 76.0$	x: 0 m $\eta = 2.5$	x: 1.5 m $\eta = 23.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 77.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	x: 1.5 m $\eta = 23.4$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 77.5$**
N3/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 3 m $\eta = 29.6$	x: 3 m $\eta = 34.1$	$\eta = 5.0$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.2$	$\eta = 0.5$	**CUMPLE $\eta = 72.9$**
N2/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 3 m $\eta = 29.6$	x: 3 m $\eta = 34.1$	$\eta = 5.0$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.2$	$\eta = 0.5$	**CUMPLE $\eta = 72.9$**

Notación:

- *$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
- *λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
(2) *La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
(3) *No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(4) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*

15.

16. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulo	Importe
1. Acondicionamiento del terreno	115,20 €
2. Cimentaciones	683,72 €
3. Estructura	4.793,28 €
4. Tanque	45.660€
Presupuesto de ejecución de material (PEM)	51.252,20 €
13% de gastos generales	6.662,79 €
6% de beneficio industrial	3.075,13 €
Suma	60.990,12 €
21% de IVA	12.807,93 €
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	73.798,05 €

El presupuesto asciende a la cantidad de:

SETENTA Y TRES MIL SETECIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS

73.798,05 €

17. CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto, puedo considerar que he adquirido más conocimientos sobre diseño, cálculo y análisis de estructuras. Además, considero que he conseguido una mayor compresión relacionado con el tema de normativas y una mayor agilidad en la utilización de los programas de cálculo estructural.

DOCUMENTO II: ANEXOS

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULO DE ACCIONES

1.1. Acciones consideradas

Las acciones consideradas para el cálculo son las mostradas a continuación:

- **Acciones permanentes:**
    - Peso propio de la estructura del tanque.
    - Peso propio de la estructura que soporta el tanque.
- **Acciones variables:**
    - Acciones provocadas por la acción del viento.
    - Acciones provocadas por la acción de la nieve.
    - Acciones provocadas por la presión hidrostática del agua sobre las paredes del tanque.
    - Acciones provocadas por la presión hidrostática del agua sobre el fondo del tanque

1.2. Peso propio de la estructura del tanque

El peso propio de la estructura del tanque se considerará una carga lineal distribuida a lo largo de cada elemento que constituya la estructura del tanque, con magnitud constante.

El peso propio depende de cada elemento de la estructura por lo que su valor exacto se obtendrá cuando se haya dimensionado el tanque.

1.3. Peso propio de la estructura que soporta el tanque.

Para el preso propio de la estructura que soporta el tanque sucede lo mismo que en el aparatado anterior, ya que, al tratarse del peso propio, no se podrá obtener su magnitud hasta que no se haya realizado el dimensionado final de todo el conjunto.

1.4. Acciones provocadas por la presión hidrostática del agua sobre el fondo del tanque

Las acciones debidas a la presión hidrostática sobre el fondo del tanque están relacionadas con el peso del agua que haya en el interior del tanque, ya que, a más cantidad de agua almacenada en el tanque, mayor será la presión.

La acción provocada por la presión hidrostática sobre el fondo del tanque estará en su valor máximo cuando el tanque se encuentre lleno. Por ello, se realiza el cálculo para la situación de tanque lleno.

El tanque se considera que a nivel máximo de agua a una altura del nivel del agua de 3,5 metros. Es decir:

$$\boldsymbol{Hagua = 3,5m}$$

Ecuación 15: Altura máxima del agua

Por lo tanto, el volumen útil del tanque se calcula según la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{V\acute{u}til = \pi * Rtanque^2 * Hagua = 24.74\ m^3 = 24740\ l}$$

Ecuación 16: Volumen útil del tanque

El peso específico del agua se encuentra en el anexo A, de la norma EN-1991-1-1. Y es el siguiente:

$$\gamma agua = 10\ \frac{KN}{m^3}$$

Ecuación 17: Peso específico del agua

La fuerza provocada por el agua es el producto del peso específico y el volumen que ocupa el agua cuando el deposito está en estado lleno. La ecuación es la siguiente mostrada:

$$Fagua = \gamma agua * V\acute{u}til = \ 10\ \frac{KN}{m^3} *\ 24.74\ m^3\ = 247.4\ KN$$

Ecuación 18: Fuerza del agua

El área de la superficie inferior del tanque se calcula con la siguiente ecuación:

$$Asup.inf\ = \pi * Rtanque^2 = 7.1\ m^2$$

Ecuación 19: Área de la superficie inferior del tanque

Por lo tanto, la presión hidrostática sobre el fondo del tanque será la presión que ejerce el agua sobre la superficie inferior del tanque:

$$Qhidrost\acute{a}tica\_fonfo = \frac{Fagua}{Asup.inf} = \frac{247.4\ KN}{7.1\ m^2} = 34.85\ \frac{KN}{m^2}\ \cong 35\ \frac{KN}{m^2}$$

Ecuación 20: Presión hidrostática fondo

La presión del agua en superficies horizontales se distribuye como una fuerza distribuida lineal constante en toda la superficie. Se muestra el detalle en la siguiente figura mostrada.

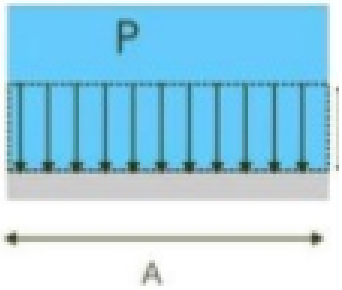


Figura 7: Distribución presión hidrostática sobre superficie horizonta

1.5. Acciones provocadas por la presión hidrostática

La sobre carga de uso calculada en el apartado anterior, corresponde a la presión hidrostática que ejerce el agua sobre la superficie inferior del tanque cuando el tanque está lleno. En este apartado se pretende calcular la presión hidrostática que ejerce el agua sobre las paredes cuando el tanque está al nivel máximo.

Las acciones provocadas por la fuerza hidrostática en las paredes del tanque se representan como una fuerza lineal distribuida triangular, a diferencia de lo que ocurre en las superficies horizontales, en las superficies verticales la presión no es constante, y varía en función de la profundidad que haya de agua. A continuación, se muestra una ilustración.

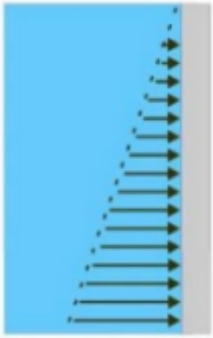


Figura 8: Distribución presión hidrostática sobre superficie vertical

Antes de todo, para poder calcular la fuerza hidrostática sobre las paredes, hay que calcular el área de las paredes.

$$\boldsymbol{Aparedes = 2 * \pi * Rtanque * Hagua = 33m^2}$$

Por lo tanto, a fuerza hidrostática que se aplica sobre las paredes es la siguiente:

$$\boldsymbol{Fh = \gamma agua * Aparedes * Hagua = 10\,\frac{KN}{m^3} * 33m^2 * Hagua(m)}$$
$$\boldsymbol{= 330 * \ Hagua(m)\ KN}$$

Ecuación 21: Fuerza hidrostática sobre las paredes del tanque

Como se muestra en la "Ecuación 16", la fuerza hidrostática sobre las paredes depende de la altura, alcanzando la presión máxima en el punto más profundo.

Finalmente, se obtiene la acción de la presión hidrostática que actúa sobre las paredes:

$$\boldsymbol{Qhidrostática\_paredes} = \frac{\boldsymbol{Fh}}{\boldsymbol{Aparedes}} = \frac{\boldsymbol{330 * Hagua(m)\ KN}}{\boldsymbol{33m^2}}$$
$$= \boldsymbol{10 * Hagua(m)\frac{KN}{m^2}}$$

A continuación, se muestra una tabla con la variación de presión hidrostática en función de la altura del agua.

Hagua (m)	Qhidrostática_paredes (KN/m^2)
0	0
0,5	5
1	10
1,5	15
2	20
2,5	25
3	30
3,5	35

Tabla 2: Variación acción sobre las paredes debida a la presión hidrostática

1.6. Acciones provocadas por la acción del viento

La acción del viento ejerce sobre las estructuras una presión que se puede considerar elevada, de ahí, que se tenga en cuenta en los cálculos. Esta acción depende Principalmente de 3 parámetros:

- Lugar de emplazamiento geográfico de la obra.
- Grado de aspereza del entorno y altura considerada.
- Forma y orientación de la superficie que soporta la acción del viento.

Por lo tanto, la acción del viento, en general es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática.

La presión estática se puede expresar como:

$$\boldsymbol{qe = qb * Ce * Cp}$$

Ecuación 22: Presión estática

Donde:

- qb, es la presión dinámica del viento.
- Ce, es el coeficiente de exposición.
- Cp, es el coeficiente eólico o de presión.

1.6.1. Acción del viento sobre el tanque

El tanque a proyectar es un tanque totalmente cerrado, por lo que no habrá viento interior. Solo se tendrá en cuente el viento exterior.

1.6.1.1. Acción del viento, parámetros verticales

Presión dinámica

El primer paso para poder calcular la presión estática del viento sobre el tanque, es la obtención de la presión dinámica. La presión dinámica depende del lugar de emplazamiento geográfico de la obra.

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$qb = 0,5 * \delta * vb^2$$

Ecuación 23:Presión dinámica

Donde:

- δ, es la densidad del aire.
- Vb, es la velocidad básica del viento.
-

El valor de la velocidad básica del viento se obtiene de la siguiente ilustración:

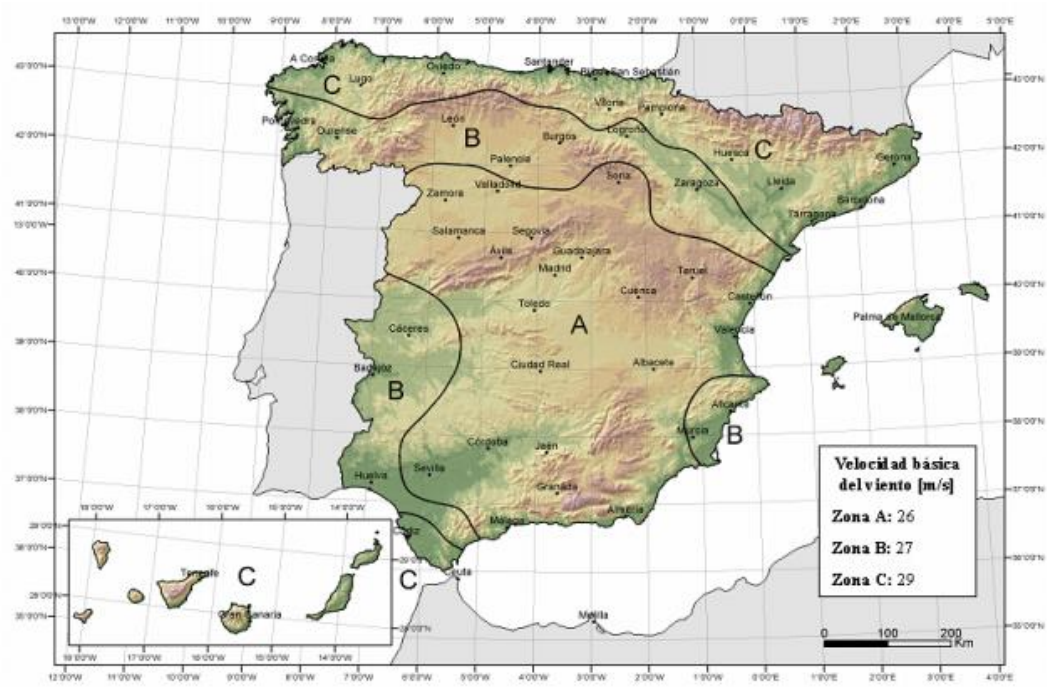


Figura 9: Valor básico de la velocidad del viento, Vb

Como se observa en la figura la velocidad básica para este proyecto, corresponde a la de la zona A.

Por lo tanto, la presión dinámica correspondiente a la zona A es:

$$\boldsymbol{qb = 0,42\,\frac{KN}{m^2}}$$

Coeficiente de exposición

El segundo paso para poder calcular la presión estática del viento sobre el tanque, corresponde a la obtención del coeficiente de exposición. El coeficiente de exposición depende grado de aspereza del entorno y altura considerada.

Los valores del coeficiente de exposición se obtienen con la siguiente tabla:

Tabla 3: Valores del coeficiente de exposición, Ce

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

El grado de aspereza del entorno correspondiente a la situación del proyecto, corresponde a un grado de aspereza IV. Y la altura considerada, es la del punto más alto del tanque, que corresponde a una altura de 7m.

Por lo tanto, para obtener el valor del coeficiente de exposición hay que realizar una iteración, obteniendo el siguiente coeficiente de exposición:

$$\boldsymbol{Ce = 1,5}$$

Coeficiente eólico o de presión exterior

El tercer y último paso para calcular la presión estática del viento sobre el tanque, corresponde a la obtención del coeficiente eólico. El coeficiente eólico depende forma y orientación de la superficie del tanque.

El tanque es cilíndrico por lo que, el coeficiente de presión externa para secciones circulares depende del número de Reynolds, definido como:

$$\boldsymbol{Re = \frac{b * vb}{\nu} = \frac{3m * 26\ m/s}{15 * 10^{-6}\ m^2/s} = 5.2 * 10^6}$$

Ecuación 24: número de Reynolds

Donde:

- b, es el diámetro del tanque.
- Vb, es la velocidad básica del viento.
- ν, es la viscosidad cinemática del aire (ν=15*10^-6 m^2/s).

Los coeficientes de presión externa en cilindros vienen dados por la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Cp = Cp,0 * \Psi\lambda a}$$

Ecuación 25: Coeficiente presión externa de superficies cilíndricas

Donde:

- Cp,0, es el coeficiente de presión externa para esbeltez infinita.
- Ψλa, es el factor de esbeltez infinita.

El factor de reducción de esbeltez se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\Psi\lambda a = 1 \qquad \text{para} \quad 0º \leq \alpha \leq \alpha min$$

$$\Psi\lambda a = \Psi\lambda + (1 - \Psi\lambda) * \cos\left(\frac{\pi}{2} * \left(\frac{\alpha - \alpha min}{\alpha A - \alpha min}\right)\right) \qquad \text{para} \quad \alpha min < \alpha < \alpha A$$

$$\Psi\lambda a = \Psi\lambda \qquad \text{para} \quad \alpha A \leq \alpha \leq 180º$$

Ecuación 26: Factor de esbeltez infinita

Donde:

- αA, es el ángulo del punto donde se produce un cambio de flujo.
- Ψλ, factor de esbeltez, obtenido de la "Figura 8".

El factor de esbeltez infinita se obtiene de la ilustración que se muestra a continuación:

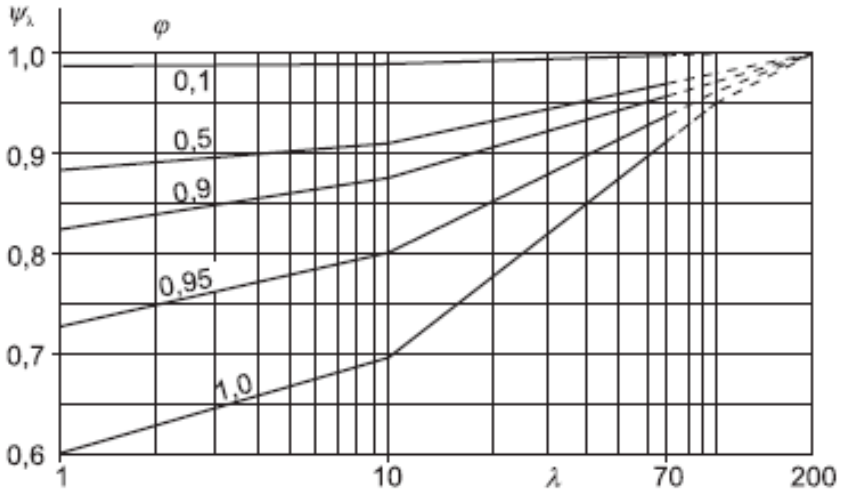


Figura 10: Gráfica indicativa de esbeltez infinita

Donde:

- Para cilindros de diámetro menor de 15 metros, la esbeltez efectiva es:

$$\lambda = \frac{Altura\ cilindro\ tanque}{Diametro\ tanque} = \frac{3{,}5\ m}{3\ m} = 1{,}16$$

Ecuación 27: Esbeltez efectiva

- La relación de solidez es:

$$\varphi = \frac{\sum Areas\ proyectadas}{Area\ total} = \frac{2 * \pi * 1{,}5m * 3{,}5m}{2 * \pi * 1{,}5m * 3{,}5m} = 1$$

Ecuación 28: Relación de solidez

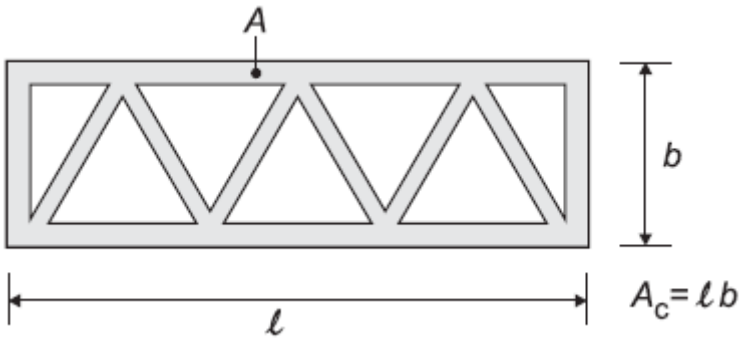


Figura 11: Definición de relación de solidez

Por lo tanto, fijándose en la "Figura 8", se obtiene el siguiente valor de esbeltez:

$$\Psi\lambda = 0{,}61$$

Los coeficientes de presión externa para esbeltez infinita se obtienen de la siguiente ilustración:

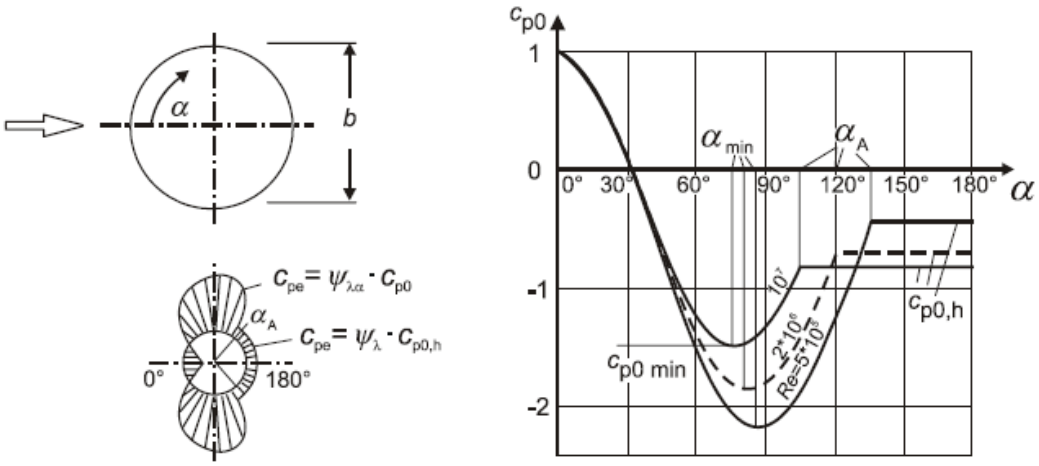


Figura 12:Acción del viento en secciones circulares

Como se puede observar, según la zona del tanque existe una variación de los coeficientes de presión externa para esbeltez infinita, por lo que los valores típicos de la figura superior se muestran en la siguiente tabla:

R_e	α_{min}	$c_{p0,min}$	α_A	$c_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	–2,2	135	–0,4
$2 \cdot 10^6$	80	–1,9	120	–0,7
10^7	75	–1,5	105	–0,8

Tabla 4: Distribución de la presión en secciones circulares para distintos rangos de número de Reynolds

Donde:

- αmin, es el ángulo de presión mínima.
- Cp0,min, es el valor del coeficiente de presión externo mínimo para esbeltez infinita.
- αA, es el ángulo del punto donde se produce un cambio de flujo.
- Cp0,h, es el coeficiente base de la presión.

Para nuestra situación de proyecto, el coeficiente de presión mínimo para esbeltez infinita y coeficiente base de la presión varían debido a que se tiene un número de Reynolds distinto, por

lo que, hay que realizar una iteración para obtenerlos. El resultado se muestra en la siguiente tabla:

Re	αmin	Cp0,min	αA	Cp0,h
5,2*10^6	77	-1,66	111	-0,76

Existen tres tramos donde el coeficiente de exposición externo no es constante, para esos dos tramos se tomará el valor del coeficiente de exposición externo máximo en valor absoluto, para así, simplificar un poco la distribución de la presión estática a la hora de introducir las cargar al programa de cálculo. Obteniendo finalmente los siguientes coeficientes eólicos para cada tramo:

Tramo	A	B	C	D
Posición angular	330º-30º	30º-111º	111º-249º	249º-330º
Cp	1	-1,66	-0,47	-1,66

En la anterior tabla, se observa que solo en el tramo A se produce presión, en el resto de tramos se produce succión.

Presión estática exterior, parámetros verticales

Una vez se han obtenido los cuatro valores anteriores, ya se puede proceder a realizar el cálculo del valor de las presiones estáticas para cada zona del tanque utilizando la “Ecuación 17”.

Tramo	A	B	C	D
Posición angular	330º-30º	30º-111º	111º-249º	249º-330º
qe (KN/m^2)	0,63	-1,05	-0.30	-1,05

1.6.1.2. Acciones del viento sobre la cubierta del tanque

El coeficiente eólico para cubiertas esféricas se puede obtener mediante la siguiente gráfica:

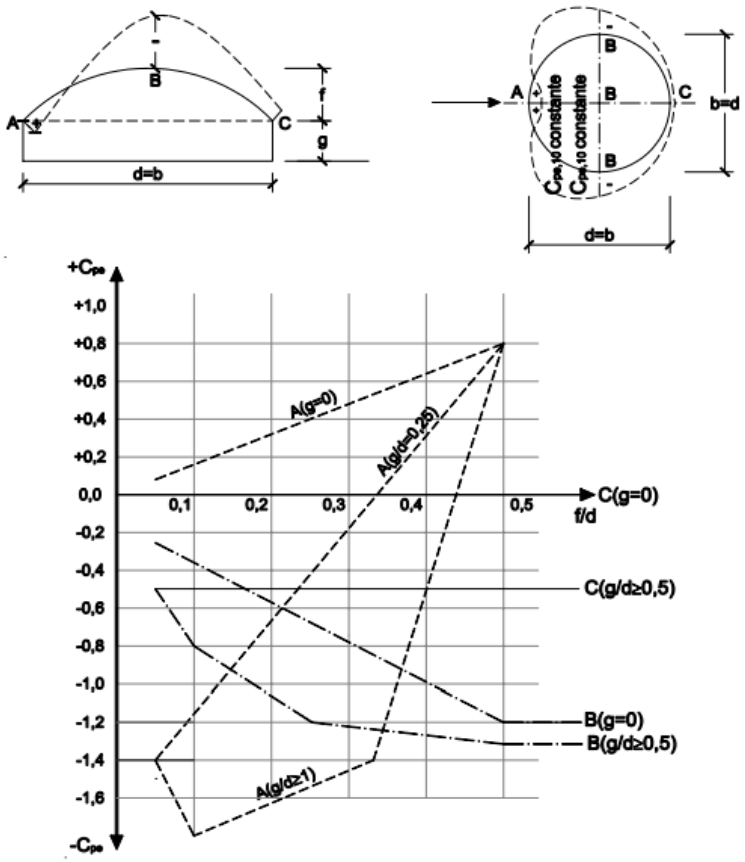


Figura 13:Coeficiente eólico para cubiertas esféricas

Notas:

- Cp,10, es constante a lo largo de cada uno de los arcos del círculo de intersección entre la esfera y los planos perpendiculares a la dirección del viento.
- Los valores de Cp,10 a lo largo de los arcos de circunferencia paralelos a la dirección del viento se podrán determinar mediante interpolación lineal entre los valores A, B, C.
- Para 0<g/d<1 el coeficiente de presión exterior en A se obtendrá mediante interpolación lineal entre los valores indicados en la “Figura 9”.
- Para 0<g/d<0,5, los coeficientes de presión exterior en B y C se obtendrán mediante interpolación lineal entre los valores indicados en la “Figura 9”.

Para la situación de diseño, (g=6,5m, d=3m, f=0,5m) por lo tanto:

$$\frac{g}{d} = \frac{6,5}{3} = 2,2 \geq 0,5$$

$$\frac{f}{d} = \frac{0,5}{3} = 0,17$$

Por lo tanto, con los dos datos anteriores podemos obtener de la "Figura 11" el coeficiente eólico para cubiertas cilíndricas en los tres tramos:

Tramo	A	B	C
Cp	-1,65	-1	-0,5

Una vez se han obtenido los tres valores anteriores, ya se puede proceder a realizar el cálculo del valor de las presiones estáticas para cada zona del tanque utilizando la "Ecuación 17". Como los tres valores de coeficiente eólico ejercen succión sobre la cubierta, para simplificar la introducción de las cargas en el programa de cálculo estructural, se ha decidido introducir una carga de succión constante considerando el valor máximo de los tres coeficientes eólicos obtenidos anteriormente. Por lo tanto, La presión estática sobre la cubierta será:

$$qe = qb * Ce * Cp = 0,42\frac{KN}{m^2} * 1,5 * (-1,65) = -1,04\frac{KN}{m^2}$$

1.6.2. Acción del viento sobre la estructura que soporta el tanque.

La estructura estará formada únicamente por pilares y vigas, por lo que no dispondrá de muros entre pilares.

Normalmente, los muros reciben la carga del viento y transmites esta presión a una fuerza linealmente distribuida a los pilares que sujetan el muro.

Por lo tanto, al no disponer de muros entre los pilares, se impide que la acción del viento que se recibiría si hubiera muros sea despreciable, por lo tanto, la acción del viento sobre la estructura que soporta el tanque se desprecia y solo se tiene en cuenta la acción del viento sobre en tanque en si.

1.7. Acciones provocadas por la acción de la nieve

La acción de la nieve ejerce sobre las cubiertas de las estructuras una presión que se puede considerar elevada, esta acción se debe a la acumulación de nieve en las cubiertas.

Esta acción depende Principalmente de 2 parámetros:

- Sobrecarga de nieve del lugar de emplazamiento geográfico de la obra.
- Forma de la cubierta.

Por lo tanto, la acción de la nieve, en general es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática.

El valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, puede tomarse:

$$\boldsymbol{qn = \mu * Sk}$$

Ecuación 29:Carga de nieve por unidad de superficie

Donde:

- μ, es el coeficiente de forma de la cubierta.
- Sk, es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

1.7.1. Carga de nieve sobre un terreno horizontal

El valor de la sobrecarga de nieve se obtiene de la siguiente tabla representativa de acuerdo a las capitales de provincia y ciudades autónomas de España:

Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / *Alacant*	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	tián/*Donostia*	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / *Lleida*	150	0,5	Segovia	10	0,2
Bilbao / *Bilbo*	0	0,3	Logroño	380	0,6	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Tenerife	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / *Ourense*	130	0,4	Toledo	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valencia/*València*	690	0,4
Coruña / *A Coruña*	0	0,3	Palencia	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / *Gasteiz*	650	0,4
Gerona / *Girona*	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/*Iruña*	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla		

Tabla 5: Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

El taque va a estar situado en el municipio de Massalfassar (Valencia), lo que se obtiene una sobre carga de nieve de Sk=0,2 KN/m^2.

1.7.2. Coeficiente de forma de la cubierta

El coeficiente de forma de la cubierta para una cubierta de forma cilíndrica se obtiene de la norma EN-1991-4, donde podemos encontrar la siguiente figura que muestra cómo obtener el coeficiente de forma para la carga de nieve en cubiertas cilíndricas:

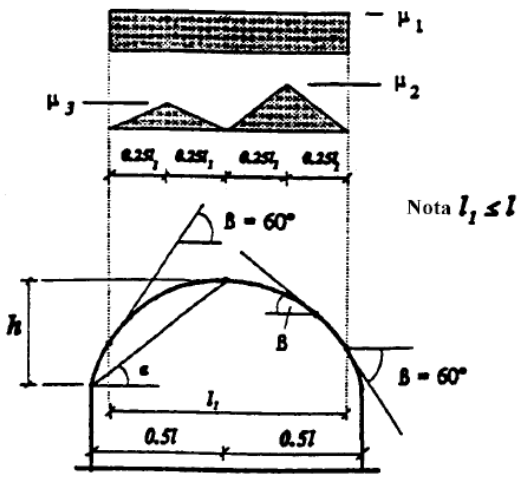


Figura 14: Coeficiente de forma para la carga de nieve en cubiertas cilíndricas

En cubiertas cilíndricas se deben considerar las cargas simétricas, mostradas en la "Figura 10", que produzcan el efecto más desfavorable.

El coeficiente de forma se determina como se muestra a continuación:

- **Para β ≤ 60º**
    - μ1 = 0,8
    - μ2 = 0,2 + 10*h/l con la restricción de que μ2 ≤ 2
    - μ3 = 0,5*μ2
- **Para β ≥ 60º**
    - μ1 = μ2 = μ3 = 0

El tanque a diseñar tiene un valor de β ≤ 60º, por lo tanto:

$$\mu 1 = 0,8$$

$$\mu 2 = 0,2 + 10 * \frac{h}{l} = 0,2 + 10 * \frac{0,5m}{3m} = 1,87 \leq 2$$

$$\mu 3 = 0,5 * \mu 2 = 0,93$$

Por lo tanto, tenemos tres hipótesis para la carga de nieve por unidad de superficie:

-**Hipótesis 1**, donde la carga de nieve será simétrica:

$$\boldsymbol{qn = \mu 1 * Sk = 0,8 * 0,2 = 0,16 \frac{KN}{m^2}}$$

-**Hipótesis 2,** donde la carga de nieve será asimétrica y mayor en el lado derecho:

$$\boldsymbol{Lado\ derecho \rightarrow qn = \mu 2 * Sk = 1,87 * 0,2 = 0,37 \frac{KN}{m^2}}$$

$$\boldsymbol{Lado\ izquierdo \rightarrow qn = \mu 3 * Sk = 0,93 * 0,2 = 0,19 \frac{KN}{m^2}}$$

-**Hipótesis 3**, donde la carga de nieve será asimétrica y mayor al lado izquierdo

$$\boldsymbol{Lado\ derecho \rightarrow qn = \mu 3 * Sk = 0,93 * 0,2 = 0,19 \frac{KN}{m^2}}$$

$$\boldsymbol{Lado\ izquierdo \rightarrow qn = \mu 2 * Sk = 1,87 * 0,2 = 0,37 \frac{KN}{m^2}}$$

ANEXO 2: CÁLCULOS DEL TANQUE

2.1. INTRODUCCIÓN

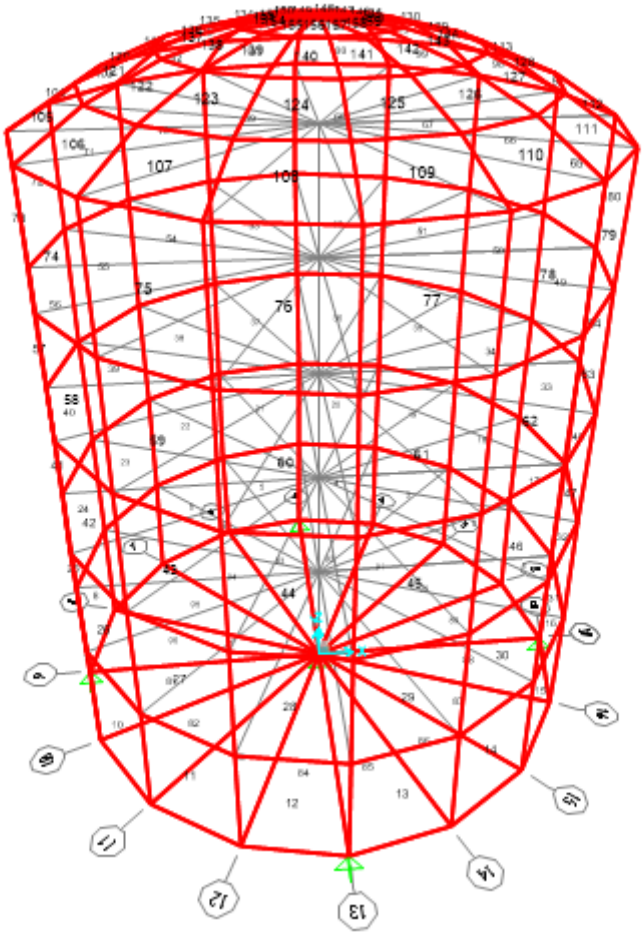
En este anexo se adjuntan todos los cálculos relacionados con el dimensionado de las paredes, fondo y cubierta del tanque, es decir del dimensionado de la chapa que genera el tanque.

El tanque ha sido modelado mediante el programa de cálculo estructural "SAP2000", del cual se han extraído las reacciones en los 5 apoyos del tanque que simulan la estructura que lo soportrá y que se dimensionará en el "Anexo 3". Y además, las tensiones sufridas en cada una de las áreas que conforman el tanque modelado, con estas tensiones, se llevará a cabo las comprobaciones de los estados límite últimos.

Las comprobaciones de estados límite últimos que se han llevado a cabo son la comprobación del límite elástico de la chapa y la comprobación de pandeo de la chapa, para llevar a cabo dichas comprobaciones se ha tomado referencias de la norma "EN-1991-6", que trata de la resistencia y estabilidad de estructuras conformadas por chapa.

2.2. DATOS GENERALES DE LA OBRA

2.2.1. Áreas definidas



Area	Section	MatProp
1	CHAPA PAREDES	S275JR
2	CHAPA PAREDES	S275JR
3	CHAPA PAREDES	S275JR
4	CHAPA PAREDES	S275JR
5	CHAPA PAREDES	S275JR
6	CHAPA PAREDES	S275JR
7	CHAPA PAREDES	S275JR
8	CHAPA PAREDES	S275JR
9	CHAPA PAREDES	S275JR
10	CHAPA PAREDES	S275JR

Area	Section	MatProp
11	CHAPA PAREDES	S275JR
12	CHAPA PAREDES	S275JR
13	CHAPA PAREDES	S275JR
14	CHAPA PAREDES	S275JR
15	CHAPA PAREDES	S275JR
16	CHAPA PAREDES	S275JR
17	CHAPA PAREDES	S275JR
18	CHAPA PAREDES	S275JR
19	CHAPA PAREDES	S275JR
20	CHAPA PAREDES	S275JR
21	CHAPA PAREDES	S275JR
22	CHAPA PAREDES	S275JR
23	CHAPA PAREDES	S275JR
24	CHAPA PAREDES	S275JR
25	CHAPA PAREDES	S275JR
26	CHAPA PAREDES	S275JR
27	CHAPA PAREDES	S275JR
28	CHAPA PAREDES	S275JR
29	CHAPA PAREDES	S275JR
30	CHAPA PAREDES	S275JR
31	CHAPA PAREDES	S275JR
32	CHAPA PAREDES	S275JR
33	CHAPA PAREDES	S275JR
34	CHAPA PAREDES	S275JR
35	CHAPA PAREDES	S275JR
36	CHAPA PAREDES	S275JR
37	CHAPA PAREDES	S275JR
38	CHAPA PAREDES	S275JR
39	CHAPA PAREDES	S275JR
40	CHAPA PAREDES	S275JR
41	CHAPA PAREDES	S275JR
42	CHAPA PAREDES	S275JR
43	CHAPA PAREDES	S275JR
44	CHAPA PAREDES	S275JR
45	CHAPA PAREDES	S275JR
46	CHAPA PAREDES	S275JR
47	CHAPA PAREDES	S275JR
48	CHAPA PAREDES	S275JR
49	CHAPA PAREDES	S275JR
50	CHAPA PAREDES	S275JR
51	CHAPA PAREDES	S275JR
52	CHAPA PAREDES	S275JR
53	CHAPA PAREDES	S275JR
54	CHAPA PAREDES	S275JR
55	CHAPA PAREDES	S275JR
56	CHAPA PAREDES	S275JR
57	CHAPA PAREDES	S275JR
58	CHAPA PAREDES	S275JR
59	CHAPA PAREDES	S275JR
60	CHAPA PAREDES	S275JR
61	CHAPA PAREDES	S275JR
62	CHAPA PAREDES	S275JR

Area	Section	MatProp
63	CHAPA PAREDES	S275JR
64	CHAPA PAREDES	S275JR
65	CHAPA PAREDES	S275JR
66	CHAPA PAREDES	S275JR
67	CHAPA PAREDES	S275JR
68	CHAPA PAREDES	S275JR
69	CHAPA PAREDES	S275JR
70	CHAPA PAREDES	S275JR
71	CHAPA PAREDES	S275JR
72	CHAPA PAREDES	S275JR
73	CHAPA PAREDES	S275JR
74	CHAPA PAREDES	S275JR
75	CHAPA PAREDES	S275JR
76	CHAPA PAREDES	S275JR
77	CHAPA PAREDES	S275JR
78	CHAPA PAREDES	S275JR
79	CHAPA PAREDES	S275JR
80	CHAPA PAREDES	S275JR
81	CHAPA FONDO	S275JR
82	CHAPA FONDO	S275JR
83	CHAPA FONDO	S275JR
84	CHAPA FONDO	S275JR
85	CHAPA FONDO	S275JR
86	CHAPA FONDO	S275JR
87	CHAPA FONDO	S275JR
88	CHAPA FONDO	S275JR
89	CHAPA FONDO	S275JR
90	CHAPA FONDO	S275JR
91	CHAPA FONDO	S275JR
92	CHAPA FONDO	S275JR
93	CHAPA FONDO	S275JR
94	CHAPA FONDO	S275JR
95	CHAPA FONDO	S275JR
96	CHAPA FONDO	S275JR
97	CHAPA CUPULA	S275JR
98	CHAPA CUPULA	S275JR
99	CHAPA CUPULA	S275JR
100	CHAPA CUPULA	S275JR
101	CHAPA CUPULA	S275JR
102	CHAPA CUPULA	S275JR
103	CHAPA CUPULA	S275JR
104	CHAPA CUPULA	S275JR
105	CHAPA CUPULA	S275JR
106	CHAPA CUPULA	S275JR
107	CHAPA CUPULA	S275JR
108	CHAPA CUPULA	S275JR
109	CHAPA CUPULA	S275JR
110	CHAPA CUPULA	S275JR
111	CHAPA CUPULA	S275JR
112	CHAPA CUPULA	S275JR
113	CHAPA CUPULA	S275JR
114	CHAPA CUPULA	S275JR

Area	Section	MatProp
115	CHAPA CUPULA	S275JR
116	CHAPA CUPULA	S275JR
117	CHAPA CUPULA	S275JR
118	CHAPA CUPULA	S275JR
119	CHAPA CUPULA	S275JR
120	CHAPA CUPULA	S275JR
121	CHAPA CUPULA	S275JR
122	CHAPA CUPULA	S275JR
123	CHAPA CUPULA	S275JR
124	CHAPA CUPULA	S275JR
125	CHAPA CUPULA	S275JR
126	CHAPA CUPULA	S275JR
127	CHAPA CUPULA	S275JR
128	CHAPA CUPULA	S275JR
129	CHAPA CUPULA	S275JR
130	CHAPA CUPULA	S275JR
131	CHAPA CUPULA	S275JR
132	CHAPA CUPULA	S275JR
133	CHAPA CUPULA	S275JR
134	CHAPA CUPULA	S275JR
135	CHAPA CUPULA	S275JR
136	CHAPA CUPULA	S275JR
137	CHAPA CUPULA	S275JR
138	CHAPA CUPULA	S275JR
139	CHAPA CUPULA	S275JR
140	CHAPA CUPULA	S275JR
141	CHAPA CUPULA	S275JR
142	CHAPA CUPULA	S275JR
143	CHAPA CUPULA	S275JR
144	CHAPA CUPULA	S275JR
145	CHAPA CUPULA	S275JR
146	CHAPA CUPULA	S275JR
147	CHAPA CUPULA	S275JR
148	CHAPA CUPULA	S275JR
149	CHAPA CUPULA	S275JR
150	CHAPA CUPULA	S275JR
151	CHAPA CUPULA	S275JR
152	CHAPA CUPULA	S275JR
153	CHAPA CUPULA	S275JR
154	CHAPA CUPULA	S275JR
155	CHAPA CUPULA	S275JR
156	CHAPA CUPULA	S275JR
157	CHAPA CUPULA	S275JR
158	CHAPA CUPULA	S275JR
159	CHAPA CUPULA	S275JR
160	CHAPA CUPULA	S275JR

2.2.2. Propiedades de las áreas definidas

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	Thickness	BendThick
		Degrees			mm	mm
CHAPA CUPULA	S275	0,	Shell	Membrane	25,	0,
CHAPA FONDO	S275	0,	Shell	Membrane	25,	0,
CHAPA PAREDES	S275	0,	Shell	Membrane	25,	0,

2.2.3. Restricciones de los apoyos

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	Yes	Yes	Yes	No	No	No
9	Yes	Yes	Yes	No	No	No
17	Yes	Yes	Yes	No	No	No
25	Yes	Yes	Yes	No	No	No
97	Yes	Yes	Yes	No	No	No

2.2.4. Acciones

- **Peso propio**
- **Presión hidrostática del agua sobre las paredes**

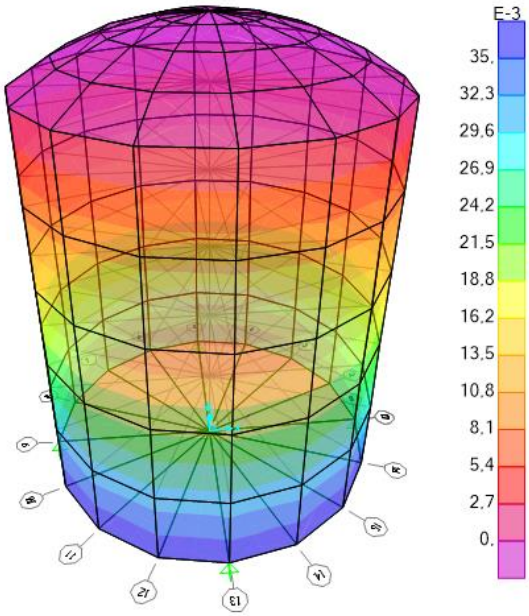


Figura 15: Acción de la presión hidrostática sobre las paredes del tanque

- **Presión hidrostática del agua sobre el fondo**

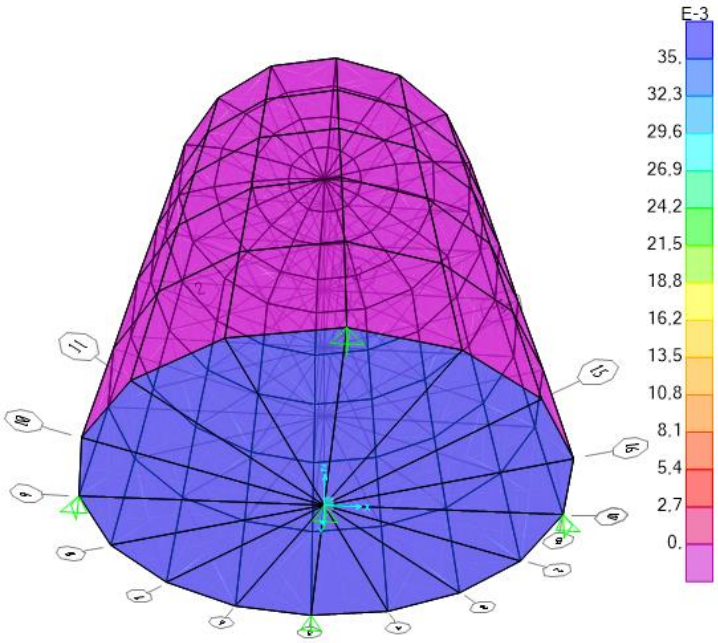


Figura 16: Acción de la presión hidrostática sobre el fondo del tanque

- **Acción del viento**

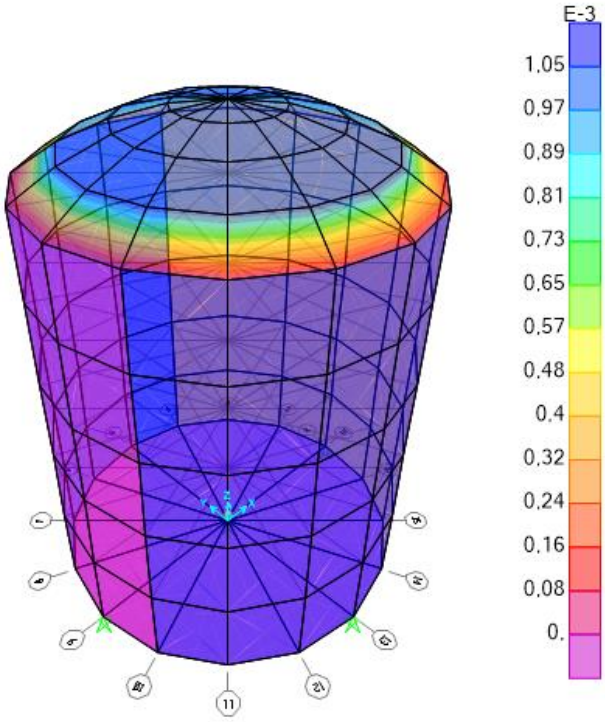


Figura 17: Acción del viento sobre el tanque

- **Acción de la nieve, hipótesis 1**

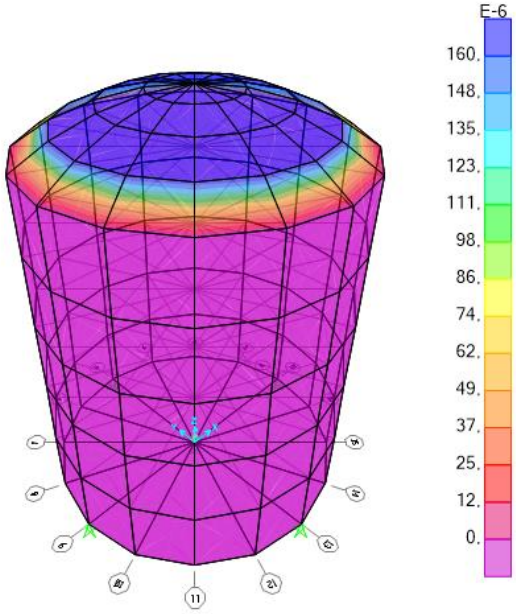


Figura 18: Acción de la nieve sobre el tanque, hipótesis 1

- **Acción de la nieve, hipótesis 2**

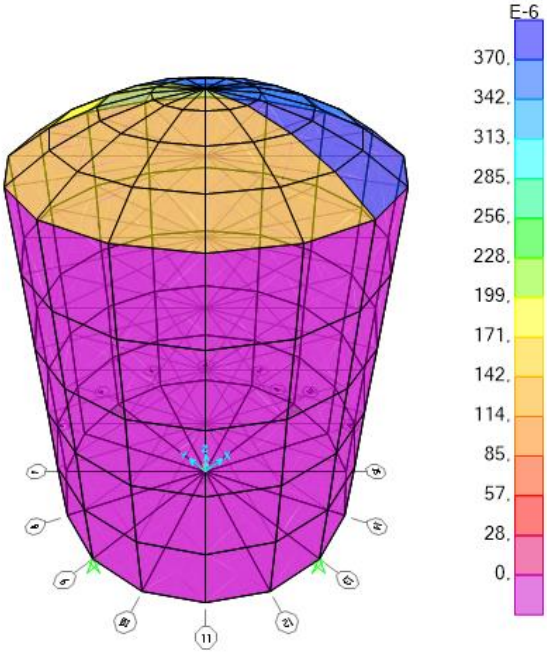


Figura 19: Acción de la nieve sobre el tanque, hipótesis 2

- **Acción de la nieve, hipótesis 3**

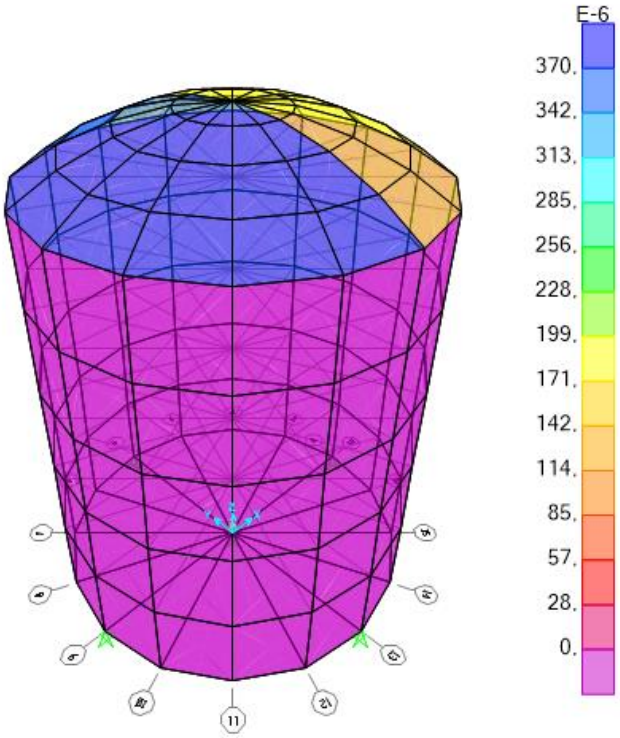


Figura 20: Acción de la nieve sobre el tanque, hipótesis 3

2.2.5. Combinaciones

Combinations ELU	
COMB1	1.35*G
COMB2	1.35*G + 1.5*Qph
COMB3	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.6* Qviento
COMB4	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.5* Qnieve1
COMB5	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.5* Qnieve2
COMB6	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.5* Qnieve3
COMB7	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.6* Qviento +1.5*0.5* Qnieve1
COMB8	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.6* Qviento +1.5*0.5* Qnieve2
COMB9	1.35*G + 1.5*Qph + 1.5*0.6* Qviento +1.5*0.5* Qnieve3
COMB10	1.35*G + 1.5*Qviento
COMB11	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*1*Qph
COMB12	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*0.5* Qnieve1
COMB13	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*0.5* Qnieve2
COMB14	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*0.5* Qnieve3
COMB15	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*1*Qph + 1.5*0.5* Qnieve1
COMB16	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*1*Qph + 1.5*0.5* Qnieve2
COMB17	1.35*G + 1.5*Qviento + 1.5*1*Qph + 1.5*0.5* Qnieve3
COMB18	1.35*G + 1.5*Qnieve1
COMB19	1.35*G + 1.5*Qnieve1 + 1.5*1*Qph
COMB20	1.35*G + 1.5*Qnieve1 + 1.5*0.6*Qviento
COMB21	1.35*G + 1.5*Qnieve1 + 1.5*1*Qph + 1.5*0.6*Qviento
COMB22	1.35*G + 1.5*Qnieve2
COMB23	1.35*G + 1.5*Qnieve2 + 1.5*1*Qph
COMB24	1.35*G + 1.5*Qnieve2 + 1.5*0.6*Qviento
COMB25	1.35*G + 1.5*Qnieve2+ 1.5*1*Qph + 1.5*0.6*Qviento
COMB26	1.35*G + 1.5*Qnieve3
COMB27	1.35*G + 1.5*Qnieve3 + 1.5*1*Qph
COMB28	1.35*G + 1.5*Qnieve3 + 1.5*0.6*Qviento
COMB29	1.35*G + 1.5*Qnieve3+ 1.5*1*Qph + 1.5*0.6*Qviento

2.3. Resultados

2.3.1. Reacciones

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	DEAD	LinStatic	-989,67	6,112E-09	27660,	0,	0,	0,
1	PRESIÓN HIDROSTÁTICA PAREDES	LinStatic	-2,762E-02	-3,365E-11	2,214E-10	0,	0,	0,
1	PRESIÓN PESO AGUA FONDO	LinStatic	-1279,41	9,648E-09	40181,76	0,	0,	0,
1	VIENTO	LinStatic	-718,5	-8,009E-08	9166,19	0,	0,	0,
1	NIEVE	LinStatic	-6,94	6,142E-11	217,84	0,	0,	0,
1	NIEVE 2 ASIMÉTRICA D	LinStatic	2,69	8,395E-09	389,05	0,	0,	0,
1	NIEVE 3 ASIMÉTRICA I	LinStatic	-33,4	-8,408E-09	575,31	0,	0,	0,
9	DEAD	LinStatic	4,836E-09	-989,67	27660,	0,	0,	0,
9	PRESIÓN HIDROSTÁTICA PAREDES	LinStatic	-1,137E-13	-2,762E-02	-3,294E-10	0,	0,	0,
9	PRESIÓN PESO AGUA FONDO	LinStatic	1,056E-08	-1279,41	40181,76	0,	0,	0,
9	VIENTO	LinStatic	1251,31	306,42	-12284,35	0,	0,	0,
9	NIEVE	LinStatic	4,671E-11	-6,94	217,84	0,	0,	0,
9	NIEVE 2 ASIMÉTRICA D	LinStatic	72,37	-15,35	482,18	0,	0,	0,
9	NIEVE 3 ASIMÉTRICA I	LinStatic	-72,37	-15,35	482,18	0,	0,	0,
17	DEAD	LinStatic	989,67	7,515E-09	27660,	0,	0,	0,
17	PRESIÓN HIDROSTÁTICA PAREDES	LinStatic	2,762E-02	5,707E-11	3,628E-10	0,	0,	0,
17	PRESIÓN PESO AGUA FONDO	LinStatic	1279,41	1,445E-08	40181,76	0,	0,	0,
17	VIENTO	LinStatic	-1259,1	-2,040E-07	9758,71	0,	0,	0,
17	NIEVE	LinStatic	6,94	7,916E-11	217,84	0,	0,	0,
17	NIEVE 2 ASIMÉTRICA D	LinStatic	33,4	1,550E-08	575,31	0,	0,	0,
17	NIEVE 3 ASIMÉTRICA I	LinStatic	-2,69	-1,514E-08	389,05	0,	0,	0,
25	DEAD	LinStatic	3,028E-09	989,67	27660,	0,	0,	0,
25	PRESIÓN HIDROSTATICA PAREDES	LinStatic	-2,444E-11	2,762E-02	-2,488E-10	0,	0,	0,
25	PRESIÓN PESO AGUA FONDO	LinStatic	4,949E-09	1279,41	40181,76	0,	0,	0,
25	VIENTO	LinStatic	1251,31	-306,42	-12284,35	0,	0,	0,
25	NIEVE	LinStatic	3,067E-11	6,94	217,84	0,	0,	0,
25	NIEVE 2 ASIMÉTRICA D	LinStatic	72,37	15,35	482,18	0,	0,	0,
25	NIEVE 3 ASIMÉTRICA I	LinStatic	-72,37	15,35	482,18	0,	0,	0,
97	DEAD	LinStatic	0,	0,	6968,44	0,	0,	0,
97	PRESIÓN HIDROSTATICA PAREDES	LinStatic	0,	0,	0,	0,	0,	0,
97	PRESIÓN PESO AGUA FONDO	LinStatic	0,	0,	80363,52	0,	0,	0,
97	VIENTO	LinStatic	0,	0,	0,	0,	0,	0,
97	NIEVE	LinStatic	0,	0,	0,	0,	0,	0,
97	NIEVE 2 ASIMÉTRICA D	LinStatic	0,	0,	0,	0,	0,	0,
97	NIEVE 3 ASIMÉTRICA I	LinStatic	0,	0,	0,	0,	0,	0,

2.3.2. Estrés de las chapas

A continuación, se muestran las áreas que más estrés sufren del tanque y con la combinación de acciones más desfavorable:

TABLE: Element Stresses - Area Shells							
Area	**ShellType**	**Joint**	**OutputCase**	**S11Top**	**S22Top**	**S12Top**	**SVMTop**
Text	Text	Text	Text	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2
12	Membrane	26	COMB29	1,796	-7,76	0,392	8,823
4	Membrane	10	COMB25	1,773	-7,767	0,442	8,822
5	Membrane	10	COMB25	1,795	-7,76	-0,387	8,822
13	Membrane	26	COMB25	1,773	-7,767	-0,442	8,822
1	Membrane	4	COMB27	1,707	-7,79	-0,38	8,794
8	Membrane	18	COMB23	1,707	-7,79	0,38	8,794
9	Membrane	18	COMB23	1,707	-7,79	-0,38	8,794
16	Membrane	4	COMB27	1,707	-7,79	0,38	8,794
24	Membrane	18	COMB16	1,991	-6,682	0,052	7,869
25	Membrane	18	COMB16	1,991	-6,682	-0,052	7,869
17	Membrane	4	COMB27	2,187	-6,188	-0,184	7,531
32	Membrane	4	COMB27	2,187	-6,188	0,184	7,531
20	Membrane	10	COMB23	2,189	-6,177	0,186	7,521
21	Membrane	10	COMB27	2,189	-6,177	-0,186	7,521
28	Membrane	26	COMB27	2,189	-6,177	0,186	7,521
29	Membrane	26	COMB23	2,189	-6,177	-0,186	7,521
3	Membrane	8	COMB16	4,026	4,146	0,478	4,171
14	Membrane	28	COMB16	4,026	4,146	-0,478	4,171
6	Membrane	12	COMB17	4,029	4,084	-0,402	4,116
11	Membrane	24	COMB16	4,029	4,084	0,4	4,116
2	Membrane	3	COMB27	3,951	4,126	-0,377	4,093
7	Membrane	16	COMB23	3,951	4,126	0,377	4,093
10	Membrane	20	COMB23	3,951	4,126	-0,377	4,093
15	Membrane	32	COMB27	3,951	4,126	0,377	4,093
19	Membrane	8	COMB17	3,659	2,923	0,098	3,357
30	Membrane	28	COMB17	3,659	2,923	-0,098	3,357
23	Membrane	16	COMB16	3,61	2,927	-0,117	3,328
26	Membrane	20	COMB16	3,61	2,927	0,117	3,328
18	Membrane	3	COMB17	3,629	2,853	-0,0003811	3,31
31	Membrane	32	COMB17	3,629	2,853	0,0003811	3,31
22	Membrane	12	COMB23	3,586	2,91	-0,026	3,301
27	Membrane	24	COMB23	3,586	2,91	0,026	3,301

Tabla 6: Tensiones de las áreas del tanque

2.4. Comprobaciones ELU

Las comprobaciones de las virolas en tanques se basan en el análisis del estrés que sufren las áreas que forman las paredes del tanque.

Todas las áreas deben satisfacer ambas comprobaciones, pero conociendo el valor máximo de estrés que sufre una determinada área en una determinada combinación de acciones, se puede procedes a realizar las comprobaciones siguientes.

A continuación, se muestra una ilustración que representa los componentes de tensiones que aparecen en la chapa de las virolas:

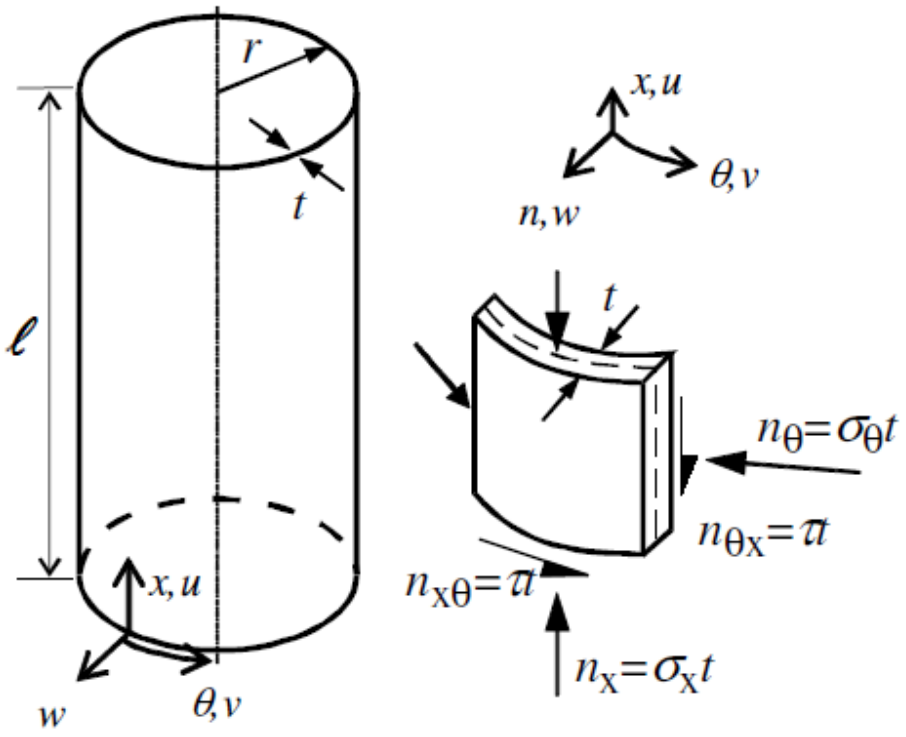


Figura 21: Componentes de tensión en paredes de tanque cilíndrico

Donde:

- σx = Tensión meridional.
- σθ = Tensión circunferencial.
- Txθ = Tensión tangencial.
- t = espesor de la chapa.
- r = radio del tanque.
- l = longitud de la virola.

2.4.1. ELU límite elástico

Para comprobar el límite elástico se debe disponer del valor máximo de la tensión que actúa sobre cada área del tanque. Las cuales han sido extraídas del "SAP2000" y se calculan a partir de las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{\theta,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{\theta,Ed} + 3\left(\tau_{x,\theta,Ed}^2 + \tau_{xn,Ed}^2 + \tau_{\theta n,Ed}^2\right)}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{n_{x,Ed}}{t} \pm \frac{m_{x,Ed}}{(t^2/4)}, \qquad \sigma_{\theta,Ed} = \frac{n_{\theta,Ed}}{t} \pm \frac{m_{\theta,Ed}}{(t^2/4)}$$

$$\tau_{x\theta,Ed} = \frac{n_{x\theta,Ed}}{t} \pm \frac{m_{x\theta,Ed}}{(t^2/4)}, \qquad \tau_{xn,Ed} = \frac{q_{xn,Ed}}{t}, \qquad \tau_{\theta n,Ed} = \frac{q_{\theta n,Ed}}{t}$$

Ecuación 30: Tensión de diseño de Von Mises

Donde:

- σeq,Ed = SVMTop
- σx,Ed = S11
- σy,Ed = S22
- σxθ,Ed = S12
- τxn,Ed = 0
- τθn,Ed = 0

Los valores τxn,Ed y τθn,Ed son generalmente muy pequeños y no afectan a la resistencia plástica, por lo que pueden ser ignoradas.

Para satisfacer la comprobación del límite elástico se deberá satisfacer la siguiente condición:

$$\sigma_{eq,Ed} \leq f_{eq,Rd}$$

Ecuación 31: Comprobación límite elástico

Donde:

$$f_{eq,Rd} = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Ecuación 32: Límite elástico de diseño

2.4.1.1. Comprobación ELU límite elástico

La tensión equivalente de diseño máxima que se ha obtenido es la siguiente:

$$\boldsymbol{\sigma eq, Ed, max = 8,823\ \frac{N}{mm^2}}$$

El límite elástico de diseño se calcula a continuación:

$$\boldsymbol{feq, Rd = fyd = \frac{fy}{\gamma M0} = \frac{275\ MPa}{1,05} = 261,9\ MPa}$$

Finalmente se comprueba si cumple o no la verificación del límite elástico:

$$\boldsymbol{\sigma eq, Ed, max = 8,823\ MPa\ < 261,9\ MPa}$$

Por lo tanto, **sí cumple** la comprobación de ELU del límite elástico.

2.4.2. ELU pandeo

La comprobación de resistencia al pandeo de la chapa que constituyen las paredes del tanque se determina con la siguiente expresión:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}}\right)^{k_x} - k_i\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}}\right)\left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}}\right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}}\right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}}\right)^{k_\tau} \leq 1$$

Ecuación 33: Comprobación pandeo en virolas

Las tensiones de pandeo se deben obtener con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{x,Rd} = \sigma_{x,Rk}/\gamma_{M1}, \quad \sigma_{\theta,Rd} = \sigma_{\theta,Rk}/\gamma_{M1}, \quad \tau_{x\theta,Rd} = \tau_{x\theta,Rk}/\gamma_{M1}$$

Ecuación 34:Tensiones de pandeo en virolas

El factor parcial para la resistencia al pandeo es ϒM1=1,1.

Las tensiones de pandeo características deben obtenerse multiplicando el límite elástico por los factores de reducción de pandeo:

$$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk}, \quad \sigma_{\theta,Rk} = \chi_\theta f_{yk}, \quad \tau_{x\theta,Rk} = \chi_\tau f_{yk} / \sqrt{3}$$

Ecuación 35: Tensiones de pandeo características en virolas

Los factores de reducción deben ser determinados como se muestra a continuación:

$$\chi = 1 \qquad \text{when} \qquad \bar{\lambda} \le \bar{\lambda}_0$$

$$\chi = 1 - \beta\left(\frac{\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0}{\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_0}\right)^{\eta} \qquad \text{when} \qquad \bar{\lambda}_0 < \bar{\lambda} < \bar{\lambda}_p$$

$$\chi = \frac{\alpha}{\bar{\lambda}^2} \qquad \text{when} \qquad \bar{\lambda}_p \le \bar{\lambda}$$

Ecuación 36: Factores de reducción

Donde:

- α, es el factor de reducción de la imperfección elástica.
- B, es el factor de gama plástica.
- η, es el exponente de interacción.
- λ_0, es la esbeltez relativa límite.

El valor de la esbeltez relativa del límite plástico se determina a partir de:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha}{1-\beta}}$$

Ecuación 37: Esbeltez del límite plástico

Los parámetros de la esbeltez relativa para los diferentes componentes de tensión que actúan sobre la virola deben determinarse:

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{f_{yk} / \sigma_{x,Rcr}}\ , \qquad \bar{\lambda}_\theta = \sqrt{f_{yk} / \sigma_{\theta,Rcr}}\ , \qquad \bar{\lambda}_\tau = \sqrt{\left(f_{yk} / \sqrt{3}\right) / \tau_{x\theta,Rcr}}$$

Ecuación 38: Esbeltez relativa de los diferentes componentes de tensión

Los parámetros de interacción de pandeo se calculan con las siguientes expresiones:

$$k_x = 1{,}0 + \chi_x^2$$

$$k_\theta = 1{,}0 + \chi_\theta^2$$

$$k_\tau = 1{,}5 + 0{,}5\,\chi_\tau^2$$

$$k_i = (\chi_x\,\chi_\theta)^2$$

Ecuación 39: Parámetros de interacción de pandeo

Parámetros de la tensión meridional

La tensión meridional crítica de pandeo se obtiene a partir de:

$$\sigma_{x,Rcr} = 0{,}605EC_x\frac{t}{r}$$

Ecuación 40: Tensión meridional crítica de pandeo

Donde el factor Cx=1.

La esbeltez límite meridional y su correspondiente rango plástico y exponente de interacción son los siguientes:

$$\bar{\lambda}_{x0} = 0{,}20 \qquad \beta = 0{,}60 \qquad \eta = 1{,}0$$

El factor de reducción elástica meridional se es obtenido:

$$\alpha_x = \frac{0{,}62}{1 + 1{,}91(\Delta w_k / t)^{1{,}44}}$$

$$\Delta w_k = \frac{1}{Q}\sqrt{\frac{r}{t}}\cdot t$$

Ecuación 41: Factor de reducción meridional

Parámetros de la tensión circunferencial

La tensión circunferencial crítica de pandeo se obtiene:

$$\sigma_{\theta,Rcr} = E\left(\frac{t}{r}\right)^2\left[0,275+2,03\left(\frac{C_\theta}{\omega}\cdot\frac{r}{t}\right)^4\right]$$

Ecuación 42: Tensión circunferencial crítica de pandeo

Donde Cθ=1, debido a que el tanque no tiene pernos de anclaje.

La esbeltez límite circunferencial y su correspondiente rango plástico y exponente de interacción son los siguientes:

$$\bar{\lambda}_{\theta 0} = 0,40 \qquad \beta = 0,60 \qquad \eta = 1,0$$

El factor de reducción elástica circunferencial es αθ=0,75

Parámetros de la tensión tangencial

La tensión tangencial crítica de pandeo se calcula:

$$\tau_{x\theta,Rcr} = 0,75EC_\tau\sqrt{\frac{1}{\omega}}\left(\frac{t}{r}\right)$$

Ecuación 43: Tensión tangencial crítica de pandeo

Donde Cτ=1.

La esbeltez límite tangencial y su correspondiente rango plástico y exponente de interacción son los siguientes:

$$\bar{\lambda}_{\tau 0} = 0,40 \qquad \beta = 0,60 \qquad \eta = 1,0$$

El factor de reducción elástica tangencial es ατ=0,75

Y, por último, la longitud de la sección se caracteriza el parámetro de longitud adimensional.

$$\omega = \frac{l}{r}\sqrt{\frac{r}{t}} = \frac{l}{\sqrt{rt}}$$

Ecuación 44: Parámetro de longitud adimensional

2.4.2.1. Comprobación ELU pandeo

Los valores de las tensión meridional, circunferencial y tangencial correspondiente a la tensión equivalente de diseño máxima son:

$$\sigma eq, Ed, max = 8,823\ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma x, Ed = 1,796\frac{N}{mm^2}\ ;\ \sigma\theta, Ed = -7,760\frac{N}{mm^2}\ ;\ \sigma x\tau, Ed = 0,392\frac{N}{mm^2}$$

Cálculo del parámetro de longitud adimensional:

$$w = \frac{l}{\sqrt{r * t}} = \frac{3500mm}{\sqrt{1500mm * 25mm}} = 18,07$$

Cálculo de las tensiones críticas:

$$\sigma x, Rcr = 0,605 * E * Cx * \frac{t}{r} = 2.117,5\ MPa$$

$$\sigma\theta, Rcr = E * (\frac{t}{r})^2 * \left(0,275 + 2,03 * \left(\frac{C\theta}{w} * \frac{r}{t}\right)^4\right) = 14.397,67\ Mpa$$

$$\tau x\theta, Rcr = 0,75 * E * C\tau * \sqrt{\frac{1}{w} * \frac{t}{r}} = 617,45\ MPa$$

Cálculo la esbeltez del límite plástico:

$$\lambda px = \sqrt{\frac{\alpha x}{\beta x}} = 1,15$$

$$\lambda p\theta = \sqrt{\frac{\alpha\theta}{\beta\theta}} = 1,37$$

$$\lambda p\tau = \sqrt{\frac{\alpha\tau}{\beta\tau}} = 1,37$$

Cálculo de la esbeltez relativa:

$$\lambda x = \sqrt{\frac{fy}{\sigma x, Rcr}} = 0,36$$

$$\lambda\theta = \sqrt{\frac{fy}{\sigma\theta, Rcr}} = 0,138$$

$$\lambda x\theta\tau = \sqrt{\frac{fy/\sqrt{3}}{\sigma, Rcr}} = 0,507$$

Cálculo de los factores de reducción:

$$\chi x = 1 - \beta * \left(\frac{\lambda x - \lambda 0x}{\lambda px - \lambda 0x}\right)^{\eta} = 0,898$$

$$\chi\theta = 1$$

$$\chi x\theta\tau = 1 - \beta * \left(\frac{\lambda x\theta\tau - \lambda 0x\theta\tau}{\lambda px\theta\tau - \lambda 0x\theta\tau}\right)^{\eta} = 0,934$$

Cálculo de las tensiones de pandeo características:

$$\sigma x, Rk = \chi x * fy = 247,03\ MPa$$

$$\sigma\theta, Rk = \chi\theta * fy = 275\ MPa$$

$$\tau x\theta, Rk = \chi x\theta\tau * fy = 148,25\ MPa$$

Cálculo de las tensiones de pandeo:

$$\sigma x, Rd = \frac{\sigma x, Rk}{\Upsilon M1} = 224,58\ MPa$$

$$\sigma\theta, Rd = \frac{\sigma\theta, Rk}{\Upsilon M1} = 250\ MPa$$

$$\tau x\theta, Rd = \frac{\tau x\theta, Rk}{\Upsilon M1} = 134,77\ MPa$$

Cálculo de los parámetros de interacción del pandeo:

$$kx = 1 + \chi x^2 = 1,81$$

$$k\theta = 1 + \chi\theta^2 = 2$$

$$k\tau = 1,5 + 0,5 * \chi x\theta\tau^2 = 1,94$$

$$ki = (\chi x * \chi\theta)^2 = 0,81$$

Comprobación de pandeo:

$$\left(\frac{\sigma x, Ed}{\sigma x, Rd}\right)^{kx} - ki * \left(\frac{\sigma x, Ed}{\sigma x, Rd}\right) * \left(\frac{\sigma\theta, Ed}{\sigma\theta, Rd}\right) + \left(\frac{\sigma\theta, Ed}{\sigma\theta, Rd}\right)^{k\theta} + \left(\frac{\tau x\theta, Ed}{\tau x\theta, Rd}\right)^{k\tau} = 1,34 * 10^{-3} \leq 1$$

Por lo tanto, **si cumple** la comprobación de pandeo

ANEXO 3: CÁLCULOS ESTRUCTURA QUE SOPORTA EL TANQUE

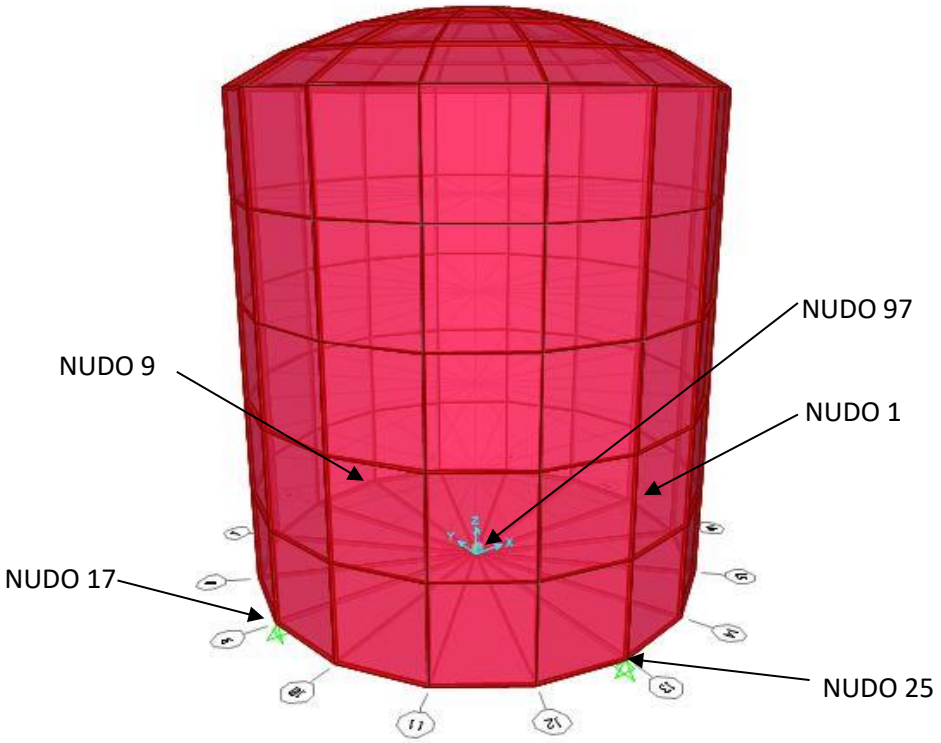
3.1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se adjuntan todos los cálculos relacionados con la estructura que soporta el tanque.

Los cálculos de la estructura se han realizado con el programa de cálculo estructural "CYPE 3D", y para ello, se ha introducido en los nudos de la estructura donde apoya el tanque, las reacciones obtenidas con el "SAP2000" en los apoyos del tanque para cada acción.

Por lo tanto, las acciones se han introducido como cargas puntuales sobre los nudos donde apoya el tanque, consiguiendo así, poder realizar las combinaciones de acciones y dimensionar con los perfiles más óptimos la estructura que soporta el tanque.

A continuación, se muestra una ilustración, para facilitar la comprensión de lo anteriormente explicado:



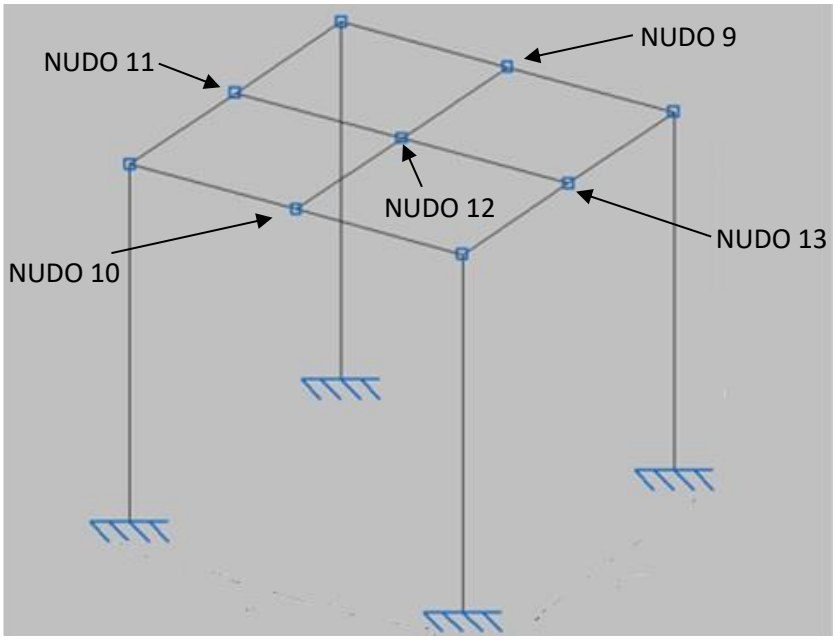


Figura 22: Equivalencia de nudos entre tanque y estructura

Por lo tanto, la equivalencia de nudos entre tanque y estructura queda de la siguiente manera:

- El nudo 1 del tanque es el nudo 9 de la estructura.
- El nudo 25 del tanque es el nudo 13 de la estructura.
- El nudo 17 del tanque es el nudo 10 de la estructura.
- El nudo 9 del tanque es el nudo 11 de la estructura.
- El nudo 97 del tanque es el nudo 12 de la estructura

3.2. DATOS GENERALES DE LA OBRA

3.2.1. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08-CTE

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Categoría de uso: G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

3.2.2. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Control de la ejecución: Normal Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

3.2.2.1. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Donde:

G_k Acción permanente

P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08-CTE

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

3.2.2.2. Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP
PP TANQUE
PHIDRO
VIENTO
NIEVE 1
NIEVE 2 D
NIEVE 3 I

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	PP TANQUE	PHIDRO	VIENTO	NIEVE 1	NIEVE 2 D	NIEVE 3 I
1	1.000	1.000					
2	1.600	1.000					
3	1.000	1.600					
4	1.600	1.600					
5	1.000	1.000		1.600			
6	1.600	1.000		1.600			
7	1.000	1.600		1.600			
8	1.600	1.600		1.600			
9	1.000	1.000			1.600		
10	1.600	1.000			1.600		
11	1.000	1.600			1.600		
12	1.600	1.600			1.600		
13	1.000	1.000		0.960	1.600		
14	1.600	1.000		0.960	1.600		
15	1.000	1.600		0.960	1.600		
16	1.600	1.600		0.960	1.600		
17	1.000	1.000		1.600	0.800		
18	1.600	1.000		1.600	0.800		
19	1.000	1.600		1.600	0.800		
20	1.600	1.600		1.600	0.800		
21	1.000	1.000				1.600	
22	1.600	1.000				1.600	
23	1.000	1.600				1.600	
24	1.600	1.600				1.600	
25	1.000	1.000		0.960		1.600	
26	1.600	1.000		0.960		1.600	
27	1.000	1.600		0.960		1.600	
28	1.600	1.600		0.960		1.600	
29	1.000	1.000		1.600		0.800	
30	1.600	1.000		1.600		0.800	
31	1.000	1.600		1.600		0.800	
32	1.600	1.600		1.600		0.800	
33	1.000	1.000					1.600
34	1.600	1.000					1.600
35	1.000	1.600					1.600
36	1.600	1.600					1.600
37	1.000	1.000		0.960			1.600
38	1.600	1.000		0.960			1.600
39	1.000	1.600		0.960			1.600

Comb.	PP	PP TANQUE	PHIDRO	VIENTO	NIEVE 1	NIEVE 2 D	NIEVE 3 I
40	1.600	1.600		0.960			1.600
41	1.000	1.000		1.600			0.800
42	1.600	1.000		1.600			0.800
43	1.000	1.600		1.600			0.800
44	1.600	1.600		1.600			0.800
45	1.000	1.000	1.600				
46	1.600	1.000	1.600				
47	1.000	1.600	1.600				
48	1.600	1.600	1.600				

- **E.L.U. de rotura. Acero laminado**

Comb.	PP	PP TANQUE	PHIDRO	VIENTO	NIEVE 1	NIEVE 2 D	NIEVE 3 I
1	0.800	0.800					
2	1.350	0.800					
3	0.800	1.350					
4	1.350	1.350					
5	0.800	0.800		1.500			
6	1.350	0.800		1.500			
7	0.800	1.350		1.500			
8	1.350	1.350		1.500			
9	0.800	0.800			1.500		
10	1.350	0.800			1.500		
11	0.800	1.350			1.500		
12	1.350	1.350			1.500		
13	0.800	0.800		0.900	1.500		
14	1.350	0.800		0.900	1.500		
15	0.800	1.350		0.900	1.500		
16	1.350	1.350		0.900	1.500		
17	0.800	0.800		1.500	0.750		
18	1.350	0.800		1.500	0.750		
19	0.800	1.350		1.500	0.750		
20	1.350	1.350		1.500	0.750		
21	0.800	0.800				1.500	
22	1.350	0.800				1.500	
23	0.800	1.350				1.500	
24	1.350	1.350				1.500	
25	0.800	0.800		0.900		1.500	
26	1.350	0.800		0.900		1.500	
27	0.800	1.350		0.900		1.500	
28	1.350	1.350		0.900		1.500	
29	0.800	0.800		1.500		0.750	
30	1.350	0.800		1.500		0.750	

Comb.	PP	PP TANQUE	PHIDRO	VIENTO	NIEVE 1	NIEVE 2 D	NIEVE 3 I
31	0.800	1.350		1.500		0.750	
32	1.350	1.350		1.500		0.750	
33	0.800	0.800					1.500
34	1.350	0.800					1.500
35	0.800	1.350					1.500
36	1.350	1.350					1.500
37	0.800	0.800		0.900			1.500
38	1.350	0.800		0.900			1.500
39	0.800	1.350		0.900			1.500
40	1.350	1.350		0.900			1.500
41	0.800	0.800		1.500			0.750
42	1.350	0.800		1.500			0.750
43	0.800	1.350		1.500			0.750
44	1.350	1.350		1.500			0.750
45	0.800	0.800	1.500				
46	1.350	0.800	1.500				
47	0.800	1.350	1.500				
48	1.350	1.350	1.500				

- **Tensiones sobre el terreno**
- **Desplazamientos**

Comb.	PP	PP TANQUE	PHIDRO	VIENTO	NIEVE 1	NIEVE 2 D	NIEVE 3 I
1	1.000	1.000					
2	1.000	1.000	1.000				
3	1.000	1.000		1.000			
4	1.000	1.000	1.000	1.000			
5	1.000	1.000			1.000		
6	1.000	1.000	1.000		1.000		
7	1.000	1.000		1.000	1.000		
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
9	1.000	1.000				1.000	
10	1.000	1.000	1.000			1.000	
11	1.000	1.000		1.000		1.000	
12	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	
13	1.000	1.000					1.000
14	1.000	1.000	1.000				1.000
15	1.000	1.000		1.000			1.000
16	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000

3.3. ESTRUCTURA

3.3.1. Geometría

3.3.1.1. Nudos

Referencias:

Δ_x, Δ_y, Δ_z: Desplazamientos prescritos en ejes globales.

θ_x, θ_y, θ_z: Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	1.500	-1.500	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N2	-1.500	-1.500	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N3	-1.500	1.500	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N4	1.500	1.500	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N5	-1.500	-1.500	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N6	1.500	-1.500	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N7	1.500	1.500	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	-1.500	1.500	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N9	1.500	0.000	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	-1.500	0.000	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	0.000	1.500	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	0.000	0.000	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	0.000	-1.500	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado

3.3.1.2. Barras

Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	N5/N13	N5/N13	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.98	-	-
		N13/N6	N13/N6	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.98	-	-
		N6/N9	N6/N9	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.95	-	-
		N9/N7	N9/N7	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.95	-	-
		N11/N7	N11/N7	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.98	-	-
		N8/N11	N8/N11	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.98	-	-
		N10/N12	N10/N12	IPE 200 (IPE)	1.500	0.69	1.00	-	-
		N12/N11	N12/N11	IPE 200 (IPE)	1.500	0.69	1.00	-	-
		N13/N12	N13/N12	IPE 200 (IPE)	1.500	0.69	1.00	-	-
		N12/N9	N12/N9	IPE 200 (IPE)	1.500	0.69	1.00	-	-
		N4/N7	N4/N7	HE 160 B (HEB)	3.000	0.53	0.57	-	-
		N1/N6	N1/N6	HE 160 B (HEB)	3.000	0.53	0.57	-	-
		N5/N10	N5/N10	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.95	-	-
		N10/N8	N10/N8	IPE 240 (IPE)	1.500	0.84	0.95	-	-
		N3/N8	N3/N8	HE 160 B (HEB)	3.000	0.53	0.57	-	-
		N2/N5	N2/N5	HE 160 B (HEB)	3.000	0.53	0.57	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N5/N13, N13/N6, N6/N9, N9/N7, N11/N7, N8/N11, N5/N10 y N10/N8
2	N10/N12, N12/N11, N13/N12 y N12/N9
3	N4/N7, N1/N6, N3/N8 y N2/N5

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 240, (IPE)	39.10	17.64	12.30	3892.00	284.00	12.90
		2	IPE 200, (IPE)	28.50	12.75	9.22	1943.00	142.00	6.98
		3	HE 160 B, (HEB)	54.30	31.20	9.65	2492.00	889.20	31.24

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N5/N13	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N13/N6	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N6/N9	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N9/N7	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N11/N7	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N8/N11	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N10/N12	IPE 200 (IPE)	1.500	0.004	33.56
		N12/N11	IPE 200 (IPE)	1.500	0.004	33.56
		N13/N12	IPE 200 (IPE)	1.500	0.004	33.56
		N12/N9	IPE 200 (IPE)	1.500	0.004	33.56
		N4/N7	HE 160 B (HEB)	3.000	0.016	127.88
		N1/N6	HE 160 B (HEB)	3.000	0.016	127.88
		N5/N10	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N10/N8	IPE 240 (IPE)	1.500	0.006	46.04
		N3/N8	HE 160 B (HEB)	3.000	0.016	127.88
		N2/N5	HE 160 B (HEB)	3.000	0.016	127.88

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final

Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
			IPE 240	12.000			0.047			368.32		
			IPE 200	6.000			0.017			134.23		
		IPE			18.000			0.064			502.56	
	S275	HEB	HE 160 B	12.000			0.065			511.51		

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado					12.000	30.000		0.065	0.129		511.51	1014.06

Medición de superficies

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
IPE	IPE 240	0.948	12.000	11.371
	IPE 200	0.789	6.000	4.733
HEB	HE 160 B	0.944	12.000	11.328
			Total	**27.432**

3.3.2. Cargas

3.3.2.1. Nudos

Cargas en nudos					
Referencia	Hipótesis	Cargas puntuales (kN)	Dirección		
			X	Y	Z
N9	PP TANQUE	28.00	0.000	0.000	-1.000
N9	PP TANQUE	1.00	1.000	0.000	0.000
N9	PHIDRO	40.20	0.000	0.000	-1.000
N9	PHIDRO	1.30	1.000	0.000	0.000
N9	VIENTO	9.20	0.000	0.000	-1.000
N9	VIENTO	0.72	1.000	0.000	0.000
N9	NIEVE 1	0.22	0.000	0.000	-1.000
N9	NIEVE 1	0.01	1.000	0.000	0.000
N9	NIEVE 2 D	0.39	0.000	0.000	-1.000
N9	NIEVE 2 D	0.00	-1.000	0.000	0.000
N9	NIEVE 3 I	0.58	0.000	0.000	-1.000
N9	NIEVE 3 I	0.03	1.000	0.000	0.000
N10	PP TANQUE	28.00	0.000	0.000	-1.000
N10	PP TANQUE	1.00	-1.000	0.000	0.000
N10	PHIDRO	1.30	-1.000	0.000	0.000
N10	PHIDRO	40.20	0.000	0.000	-1.000
N10	VIENTO	9.80	0.000	0.000	-1.000
N10	VIENTO	1.30	1.000	0.000	0.000
N10	NIEVE 1	0.22	0.000	0.000	-1.000
N10	NIEVE 1	0.01	-1.000	0.000	0.000
N10	NIEVE 2 D	0.58	0.000	0.000	-1.000
N10	NIEVE 2 D	0.03	-1.000	0.000	0.000

Cargas en nudos					
Referencia	Hipótesis	Cargas puntuales (kN)	Dirección		
			X	Y	Z
N10	NIEVE 3 I	0.39	0.000	0.000	-1.000
N10	NIEVE 3 I	0.00	1.000	0.000	0.000
N11	PP TANQUE	28.00	0.000	0.000	-1.000
N11	PP TANQUE	1.00	0.000	1.000	0.000
N11	PHIDRO	40.20	0.000	0.000	-1.000
N11	PHIDRO	1.30	0.000	1.000	0.000
N11	VIENTO	12.30	0.000	0.000	1.000
N11	VIENTO	0.31	0.000	-1.000	0.000
N11	VIENTO	1.25	-1.000	0.000	0.000
N11	NIEVE 1	0.22	0.000	0.000	-1.000
N11	NIEVE 1	0.01	0.000	1.000	0.000
N11	NIEVE 2 D	0.48	0.000	0.000	-1.000
N11	NIEVE 2 D	0.02	0.000	1.000	0.000
N11	NIEVE 2 D	0.07	-1.000	0.000	0.000
N11	NIEVE 3 I	0.48	0.000	0.000	-1.000
N11	NIEVE 3 I	0.02	0.000	1.000	0.000
N11	NIEVE 3 I	0.07	1.000	0.000	0.000
N12	PP TANQUE	7.00	0.000	0.000	-1.000
N12	PHIDRO	80.40	0.000	0.000	-1.000
N13	PP TANQUE	28.00	0.000	0.000	-1.000
N13	PP TANQUE	1.00	0.000	-1.000	0.000
N13	PHIDRO	40.20	0.000	0.000	-1.000
N13	PHIDRO	1.30	0.000	-1.000	0.000
N13	VIENTO	12.30	0.000	0.000	1.000
N13	VIENTO	0.31	0.000	1.000	0.000
N13	VIENTO	1.25	-1.000	0.000	0.000
N13	NIEVE 1	0.22	0.000	0.000	-1.000
N13	NIEVE 1	0.01	0.000	-1.000	0.000
N13	NIEVE 2 D	0.48	0.000	0.000	-1.000
N13	NIEVE 2 D	0.02	0.000	-1.000	0.000
N13	NIEVE 2 D	0.07	-1.000	0.000	0.000
N13	NIEVE 3 I	0.48	0.000	0.000	-1.000
N13	NIEVE 3 I	0.07	1.000	0.000	0.000
N13	NIEVE 3 I	0.02	0.000	-1.000	0.000

3.3.2.2. Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N5/N13	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N6	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N9	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N7	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N7	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N11	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N12	Peso propio	Uniforme	0.219	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N11	Peso propio	Uniforme	0.219	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N12	Peso propio	Uniforme	0.219	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N9	Peso propio	Uniforme	0.219	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	Peso propio	Uniforme	0.418	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N6	Peso propio	Uniforme	0.418	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N10	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N8	Peso propio	Uniforme	0.301	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N8	Peso propio	Uniforme	0.418	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Peso propio	Uniforme	0.418	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

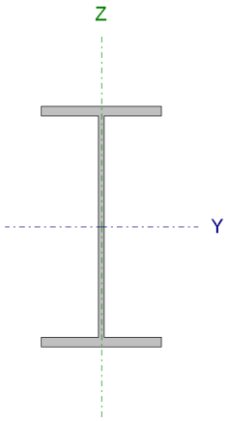
3.3.3. Comprobación ELU

A continuación, se adjuntan la comprobación de las vigas centrales, vigas perimetrales y pilares. No se adjuntan todas las comprobaciones, solo las más relevantes, para no ser repetitivo debido a que algunas de las barras tienen el mismo porcentaje de aprovechamiento.

3.3.3.1. Vigas centrales

Barra N10/N12

Perfil: IPE 200
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N10	N12	1.500	28.50	1943.00	142.00	6.98

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.69	1.00	0.00	0.00
L_K	1.040	1.500	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.54*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *2722.46* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *17898.20* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *2722.46* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*1943.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*142.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*6.98*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*13000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.500*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.040*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*8.55*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*8.26*	cm
	i_z :	*2.23*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

32.68 ≤ 251.55 ✓

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma.	$\mathbf{h_w}$:	*183.00*	mm
$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma.	$\mathbf{t_w}$:	*5.60*	mm
$\mathbf{A_w}$: Área del alma.	$\mathbf{A_w}$:	*10.25*	cm²
$\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida.	$\mathbf{A_{fc,ef}}$:	*8.50*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
$\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida.	$\mathbf{f_{yf}}$:	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *3.19* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *746.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	*28.50*	cm²
$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero.	$\mathbf{f_{yd}}$:	*261.90*	MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$\mathbf{f_y}$:	*275.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	*1.05*	

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.09* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *746.43* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *647.65* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.87*

Siendo:

ϕ_y : *0.52*

ϕ_z : *0.70*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.21*

$\bar{\lambda}_z$: *0.54*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : *2722.46* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: *17898.20* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *2722.46* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.906*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : *52.45* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *57.88* kN·m

Donde:

Clase : *1*

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *221.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·NIEVE2D.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.01* kN·m

Para flexión negativa:

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *11.68* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *44.60* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.166*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *35.22* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *211.94* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *14.02* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *200.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

28.39 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *28.39*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·NIEVE2D.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *275.99* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *18.25* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. A : *28.50* cm²

d: Altura del alma. d : *183.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

35.22 kN ≤ 105.97 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *35.22* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *211.94* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.01 kN ≤ 137.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·NIEVE2D.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.01* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *275.99* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.910*** ✓

η : ***0.903*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{t,Ed}$** : *3.19* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{+}$** : *52.45* kN·m; **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. — **$N_{pl,Rd}$** : *746.43* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *57.88* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *11.68* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **$M_{ef,Ed}$** : *52.25* kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. — **$\sigma_{com,Ed}$** : *236.43* MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. — **$W_{y,com}$** : *221.00* cm³

A: Área de la sección bruta. — **A** : *28.50* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. — **$M_{b,Rd,y}$** : *57.88* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

35.22 kN ≤ 105.97 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed,z}}$:	*35.22*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$:	*211.94*	kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

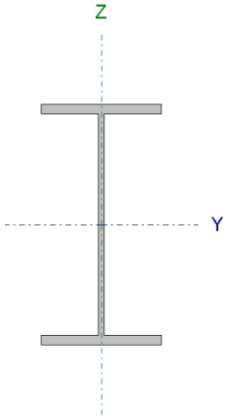
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N12/N11

Perfil: IPE 200
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N12	N11	1.500	28.50	1943.00	142.00	6.98

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.69	1.00	0.00	0.00
L_K	1.040	1.500	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.54*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *28.50* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *2722.46* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *17898.20* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *2722.46* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*1943.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*142.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*6.98*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*13000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.500*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.040*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*8.55*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*8.26*	cm
	i_z :	*2.23*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$32.68 \leq 251.55 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*183.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*5.60*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*10.25*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*8.50*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *3.18* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *746.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.789*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *45.65* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *57.88* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: *221.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.028*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *0.33* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·NIEVE2D.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *0.01* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *11.68* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *44.60* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.145*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *30.69* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *211.94* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *14.02* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *200.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *5.60* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

28.39 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *28.39*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)
Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.44* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *275.99* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *18.25* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *28.50* cm²
d: Altura del alma. **d** : *183.00* mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

30.26 kN ≤ 105.97 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *30.26* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *211.94* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

0.44 kN ≤ 137.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.44* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *275.99* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.793*** ✓

η : ***0.785*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *3.18* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *45.65* kN·m **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. **$N_{pl,Rd}$** : *746.43* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,y}$** : *57.88* kN·m **$M_{pl,Rd,z}$** : *11.68* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{ef,Ed}$** : *45.45* kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. **$\sigma_{com,Ed}$** : *205.65* MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. **$W_{y,com}$** : *221.00* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *28.50* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. **$M_{b,Rd,y}$** : *57.88* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

30.26 kN ≤ 105.97 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *30.26* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *211.94* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

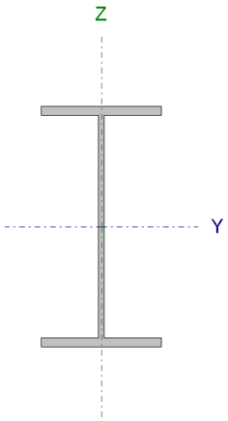
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.3.3.2. Vigas perimetrales

Barra N5/N13

Perfil: IPE 240
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N5	N13	1.500	39.10	3892.00	284.00	12.90

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.84	0.98	0.00	0.00
L_K	1.265	1.468	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.54*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *39.10* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *3675.68* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *37423.82* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *3675.68* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*3892.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*284.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*12.90*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*37400.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.468*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.265*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*10.33*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*9.98*	cm
	i_z :	*2.70*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

35.55 ≤ 246.95 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*220.40*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*6.20*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*13.66*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*11.76*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *7.51* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *1024.05* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	**Clase** :	*2*	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	**A** :	*39.10*	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{yd}** :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: 886.47 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : 39.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 1.00

χ_z : 0.87

Siendo:

ϕ_y : 0.51

ϕ_z : 0.70

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : 0.21

α_z : 0.34

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 0.17

$\bar{\lambda}_z$: 0.54

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : 3675.68 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: 37423.82 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: 3675.68 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.852*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^+** : *81.91* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^-** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *96.12* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — **$W_{pl,y}$** : *367.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.016*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.32* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.04* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *19.35* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *73.90* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.225*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *65.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *289.23* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *19.13* cm²

Siendo:

$\mathbf{h}$: Canto de la sección. $\mathbf{h}$: *240.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *6.20* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

30.71 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *30.71*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.31* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *384.61* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *25.44* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *39.10* cm²

d: Altura del alma. **d** : *220.40* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *6.20* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

65.01 kN ≤ 144.61 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *65.01* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *289.23* kN

<u>Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

0.31 kN ≤ 192.30 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.31* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *384.61* kN

<u>Resistencia a flexión y axil combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.862*** ✓

η : ***0.861*** ✓

η : ***0.522*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	*7.51*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{+}$:	*81.91*	kN·m
	$M_{z,Ed}^{+}$:	*0.05*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	*1024.05*	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	*96.12*	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	*19.35*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*39.10*	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	*367.00*	cm³
	$W_{pl,z}$:	*73.90*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*275.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y :	*1.00*	
k_z :	*1.00*	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	*1.00*	
	$C_{m,z}$:	*1.00*	
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	*1.00*	
	χ_z :	*0.87*	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	*0.17*	
	$\bar{\lambda}_z$:	*0.54*	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	*0.60*	
	α_z :	*0.60*	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

65.01 kN ≤ 143.77 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *65.01* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *287.54* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.016*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.03* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *1.99* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *13.16* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.226*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *65.01* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.03* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *287.54* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *289.23* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *2.20* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *13.16* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.06* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.03* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *382.37* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *384.61* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *2.20* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *13.16* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

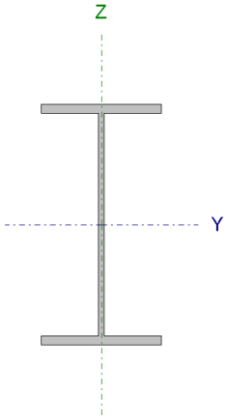
Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Barra N6/N9

Perfil: IPE 240
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N6	N9	1.500	39.10	3892.00	284.00	12.90

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.84	0.95	0.00	0.00
L_K	1.265	1.421	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.54*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *39.10* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *3675.68* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *39957.24* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *3675.68* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*3892.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*284.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*12.90*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*37400.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.421*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.265*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*10.33*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*9.98*	cm
	i_z :	*2.70*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$35.55 \leq 246.95 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*220.40*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*6.20*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*13.66*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*11.76*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.013*** ✓

η : ***0.015*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *13.34* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *1024.05* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *39.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *886.47* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *39.10* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.87*

Siendo:

ϕ_y : *0.51*

ϕ_z : *0.70*

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.16*

$\bar{\lambda}_z$: *0.54*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $\mathbf{N_{cr}}$: *3675.68* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $\mathbf{N_{cr,y}}$: *39957.24* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $\mathbf{N_{cr,z}}$: *3675.68* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.760*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^+** : *73.04* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^-** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *96.12* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — **$W_{pl,y}$** : *367.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.026*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.51* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *19.35* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *73.90* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.233*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *67.27* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *289.23* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *19.13* cm²

Siendo:

$\mathbf{h}$: Canto de la sección. $\mathbf{h}$: *240.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *6.20* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

30.71 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *30.71*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.57* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *384.61* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *25.44* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *39.10* cm²

d: Altura del alma. **d** : *220.40* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *6.20* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

67.27 kN ≤ 144.61 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *67.27* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *289.23* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.57 kN ≤ 192.30 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.57* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *384.61* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.775*** ✓

η : ***0.774*** ✓

η : ***0.473*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *13.34* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^+}$: *73.04* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.04* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	*1024.05*	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	*96.12*	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	*19.35*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*39.10*	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	*367.00*	cm³
	$W_{pl,z}$:	*73.90*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*275.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y :	*1.00*	
k_z :	*1.01*	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	*1.00*	
	$C_{m,z}$:	*1.00*	
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	*1.00*	
	χ_z :	*0.87*	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	*0.16*	
	$\bar{\lambda}_z$:	*0.54*	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	*0.60*	
	α_z :	*0.60*	

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

67.27 kN ≤ 143.91 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *67.27* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *287.82* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.03* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *1.99* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *13.16* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.234*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *67.27* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *287.82* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *289.23* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.84* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *13.16* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.05* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *382.73* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *384.61* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.84* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *13.16* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

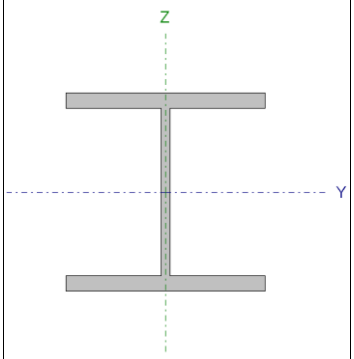
$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

3.3.3.3. Pilares

Barra N4/N7

Perfil: HE 160 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N4	N7	3.000	54.30	2492.00	889.20	31.24

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.53	0.57	0.00	0.00
L_K	1.591	1.700	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.45*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *7281.93* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *17870.58* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *7281.93* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	2492.00	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	889.20	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	31.24	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	47940.00	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	81000	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	1.700	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	1.591	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	0.000	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	7.89	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	6.77	cm
	i_z :	4.05	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	0.00	mm
	z_0 :	0.00	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$16.75 \leq 164.47 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	134.00	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	8.00	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	10.72	cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *20.80* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *275.00* MPa
Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.094*** ✓

η : ***0.108*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *133.97* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *1422.14* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *1235.83* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.97*

χ_z : *0.87*

Siendo:

ϕ_y : *0.56*

ϕ_z : *0.66*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.29*

$\bar{\lambda}_z$: *0.45*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *7281.93* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *17870.58* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *7281.93* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.296*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *27.43* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *92.71* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: *354.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.341*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *15.16* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *44.52* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *170.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.050*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *13.40* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *266.74* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *17.64* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *160.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

13.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *13.00*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *7.56* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *658.98* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *43.58* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *54.30* cm²

d: Altura del alma. **d** : *134.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *8.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

13.40 kN ≤ 133.37 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *13.40* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *266.74* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

7.56 kN ≤ 329.49 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *7.56* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *658.98* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.729*** ✓

η : ***0.606*** ✓

η : ***0.638*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *132.28* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *27.43* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^-}$: *15.16* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1422.14* kN; $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *92.71* kN·m

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,z}$: *44.52* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *54.30* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$: *354.00* cm³

$W_{pl,z}$: *170.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.01*

k_z : *1.03*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *1.00*

$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.97*

χ_z : *0.87*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.29*

$\bar{\lambda}_z$: *0.45*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·PHIDRO.

13.40 kN ≤ 133.37 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *13.40* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *266.74* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PPTANQUE+1.5·VIENTO.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *3.63* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *24.03* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.021*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *5.69* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *266.69* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *266.74* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.07* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *24.03* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·PPTANQUE+1.5·VIENTO+0.75·NIEVE3I.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *3.29* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *658.85* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *658.98* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.07* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *24.03* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

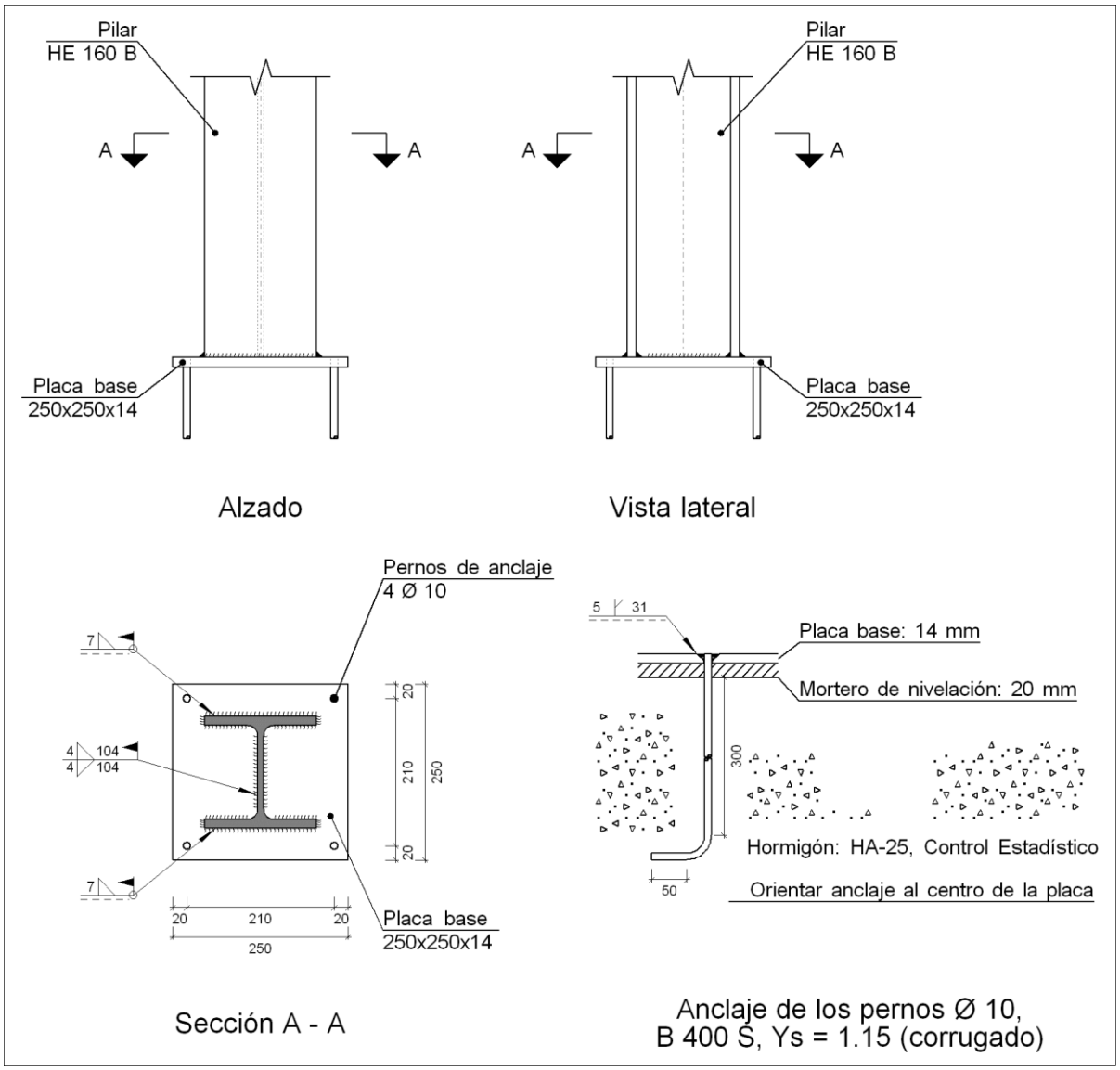
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

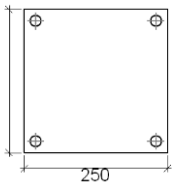
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

3.4. PLACAS DE ANCLAJE

3.4.1. Detalle



3.4.2. Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		250	250	14	4	20	12	5	S275	275.0	410.0

3.4.3. Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	160	13.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	160	13.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.0	97.0	1.9	194.1	50.29	97.0	29.58	410.0	0.85
Soldadura del alma	40.0	40.0	16.1	84.7	21.96	40.0	12.20	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	97.0	97.0	1.9	194.1	50.29	97.0	29.58	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 30 mm Calculado: 210 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 15 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 33.34 kN Calculado: 16.46 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 23.34 kN Calculado: 4.25 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 33.34 kN Calculado: 22.53 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 25.12 kN Calculado: 14.64 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 208.798 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 73.33 kN Calculado: 3.85 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 150.923 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 150.923 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 228.078 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 228.078 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2377.84	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2377.84	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1018.6	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1018.6	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	5	31	10.0	90.00

l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	155.3	269.0	69.71	0.0	0.00	410.0	0.85

3.4.4. Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	5	126
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	208
			7	616

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	250x250x14	6.87
			Total	6.87
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 10 - L = 344 + 97	1.09
			Total	1.09

3.5. CIMENTACIONES

3.5.1. Zapatas

3.5.1.1. Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N3, N4, N2 y N1	Zapata cuadrada Ancho: 105.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 4Ø16c/25 Y: 4Ø16c/25

3.5.1.2. Medición

Referencias: N3, N4, N2 y N1		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	4x1.25 4x1.97	5.00 7.89
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	4x1.25 4x1.97	5.00 7.89
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	10.00 15.78	 15.78
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	11.00 17.36	 17.36

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, CN (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Referencias: N3, N4, N2 y N1	4x17.36	4x0.44	4x0.11
Totales	69.44	1.76	0.44

3.5.1.3. Comprobación

Referencia: N3
Dimensiones: 105 x 105 x 40
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25

Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.104967 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.197672 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.221216 MPa	Cumple

Referencia: N3 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 609.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 314.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 16.72 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 19.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 17.66 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 21.39 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 509.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N3:	Mínimo: 30 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0021	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple

Referencia: N3 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N4 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.10428 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.197868 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.218076 MPa	Cumple

Referencia: N4 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 612.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 314.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 16.72 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 19.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 17.66 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 21.39 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 509.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N4:	Mínimo: 30 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0021	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple

Referencia: N4 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N2 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.104967 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.19777 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.221314 MPa	Cumple

Referencia: N2 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 606.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 314.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 16.72 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 19.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 17.66 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 21.39 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 509.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N2:	Mínimo: 30 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0021	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple

Referencia: N2 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N1 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.10428 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.197868 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.218076 MPa	Cumple

Referencia: N1 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 612.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 314.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 16.72 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 19.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 17.66 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 21.39 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 509.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N1:	Mínimo: 30 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0021	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple

Referencia: N1 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.5.2. Vigas de atado centradoras

3.5.2.1. Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C [N3-N4], C [N4-N1], C [N1-N2] y C [N2-N3]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

3.5.2.2. Medición

Referencias: C [N3-N4], C [N4-N1], C [N1-N2] y C [N2-N3]		B 400 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.30 2x2.93	6.60 5.86
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.30 2x2.93	6.60 5.86
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.33 8x0.52		10.64 4.20
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	10.64 4.20	13.20 11.72	15.92
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	11.70 4.62	14.52 12.89	17.51

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, CN (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Referencias: C [N3-N4], C [N4-N1], C [N1-N2] y C [N2-N3]	4x4.62	4x12.89	70.04	4x0.31	4x0.08
Totales	18.48	51.56	70.04	1.25	0.31

3.5.2.3. Comprobación

Referencia: C.1 [N3-N4] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N3-N4] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N4-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N1-N2] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N1-N2] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N2-N3] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones generales

1.1.1. Disposiciones de carácter general

1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.1.1.2. Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.1.3. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.1.4. Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

1.1.1.5. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

1.1.1.6. Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al

derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.1.7. Responsabilidad del Contratista

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.1.8. Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

1.1.1.9. Daños y perjuicios a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.1.10. Copia de documentos

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del proyecto.

1.1.1.11. Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.1.12. Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
    - La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso,

siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.

  - Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.

- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.1.13. Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.1.2.1. Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

1.1.2.2. Replanteo

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.1.2.4. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.1.2.10. Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la

obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

1.1.2.11. Vicios ocultos

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director del Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.1.2.13. Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el Director de Obra considere necesarios.

1.1.2.16. Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras ajenas

1.1.3.1. Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.

- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

1.1.3.2. Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.3. Documentación final de la obra

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, en el caso

de viviendas, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.1.3.5. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

1.1.3.7. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del

Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.2. Disposiciones facultativas

1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

1.2.1.1. El promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

1.2.1.2. El proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3. El constructor o contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de este hacia los subcontratistas.

1.2.1.4. El director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

1.2.1.5. El director de la ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Arquitecto, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

1.2.1.7. Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2. La dirección facultativa

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.3. Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.2.4. Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo III de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

1.2.5. Documentación final de obra: Libro del edificio

De acuerdo al Artículo 7 de la Ley de Ordenación de la Edificación, una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.

1.2.5.1. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.3. Disposiciones económicas

1.3.1. Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

1.3.2. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).

- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

1.3.3. Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

1.3.4. Fianzas

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los

ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

1.3.4.2. Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.5. De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

1.3.5.1. Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

1.3.5.2. Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

1.3.5.4. Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.3.5.8. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

1.3.6. Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

1.3.7. Valoración y abono de los trabajos

1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

1.3.8. Indemnizaciones mutuas

1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.3.9. Varios

1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

1.3.9.3. Seguro de las obras

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.4. Conservación de la obra

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.5. Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor

No podrá el Contratista hacer uso de edificio o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

1.3.9.6. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por

conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

1.3.10. Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

1.3.11. Plazos de ejecución: planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

1.3.12. Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

1.3.13. Liquidación final de la obra

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del Director de la Ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el artículo 7.2. del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.

- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo “CE” acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).
- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas.
- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada.
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

2.1.2. Aceros en perfiles laminados para estructuras metálicas

2.1.2.1. Condiciones de suministro

Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).

Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.

2.1.2.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Para los productos planos:
  - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
  - Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
    - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
    - El tipo de documento de la inspección.
- Para los productos largos:
  - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Ensayos:
  - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser

utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.

El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

2.1.2.4. Recomendaciones para su uso en obra

El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

2.2. Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidad de obra

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

- ***Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra***

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

- **Características técnicas**

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

- **Normativa de aplicación**

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

- **Criterio de medición en proyecto**

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

- **Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra**

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el Director de la Ejecución de la Obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del Director de la Ejecución de la Obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

- **Del soporte**

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

- **Ambientales**

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

- **Del contratista**

En algunos casos, será necesaria la presentación al Director de la Ejecución de la Obra de una serie de documentos por parte del Contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo, la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

- **Proceso de ejecución**

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

- **Fases de ejecución**

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

- **Condiciones de terminación**

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el Contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

- **Pruebas de servicio**

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio Contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

- **Conservación y mantenimiento**

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

- **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del Director de Ejecución de la Obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del Contratista, entendiendo que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el Director de Ejecución de la Obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los

materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares. Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al Contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

- **Terminología aplicada en el criterio de medición**

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

- **Estructuras metálicas**

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

2.2.1. Estructuras

Unidad de obra EAV010: Acero S355JR en vigas, soportes y riostras, con piezas simples de perfiles huecos para construcción, acabados en caliente tipo SHS con uniones soldadas.

- **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

La zona de soldadura no se pintará.

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

- **Características técnicas**

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S355JR, en perfiles huecos acabados en caliente, piezas simples tipo SHS, para vigas, soportes y riostras, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

- **Normativas de aplicación**

Ejecución:

  - CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero.
  - UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.
  - NTE-EAV. Estructuras de acero: Vigas.

- **Criterio de medición en proyecto**

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

- **Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra**

- *Ambientales*

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

- *Del contratista*

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

- **Proceso de ejecución**

Fases de ejecución: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

- **Condiciones de terminación**

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

- **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

2.2.2. Revestiminetos

Unidad de obra RLC010: Tratamiento superficial de protección anticorrosiva para elementos de acero mediante imprimación anticorrosiva a base de resina epoxi y fosfato de

zinc, aplicada en dos manos (100 µm).

- **Características técnicas**

Formación de capa de protección contra la oxidación en elementos de acero, mediante imprimación anticorrosiva a base de resina epoxi y fosfato de zinc, aplicada con brocha, rodillo de pelo corto o pistola, en dos manos, hasta alcanzar un espesor total de 100 µ. Incluso p/p de limpieza de la superficie soporte.

- **Normativas de aplicación**

Ejecución:

- CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

- **Criterio de medición en proyecto**

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.

- **Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra**

  - *Del soporte*

Se comprobará que el soporte está limpio, seco, exento de óxidos, polvo y grasas.

  - *Ambientales*

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente o la temperatura del soporte sea inferior a 5°C o superior a 30°C.

- **Proceso de ejecución**

Fases de ejecución: Limpieza del soporte. Aplicación del producto.

- **Condiciones de terminación**

Las capas aplicadas serán uniformes y tendrán adherencia entre ellas y con el soporte.

- **Conservación y mantenimiento**

Se protegerá de la lluvia al menos durante las 3 horas siguientes a su aplicación.

- **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.

2.2.3. Control de calidad y ensayos

Unidad de obra XMP020: Ensayo de aptitud al soldeo sobre una muestra soldada de perfil laminado, con determinación de: disminución de la carga total de rotura.

- **Características técnicas**

Ensayos a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra soldada de perfil laminado para uso en estructura metálica, tomada en obra, para confirmar su aptitud al soldeo mediante la determinación de las siguientes características: disminución de la carga total de rotura. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.

- **Criterio de medición en proyecto**

Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

- **Fases de ejecución**

Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.

Unidad de obra XMP030: Ensayo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación del espesor del recubrimiento.

- **Características técnicas**

Ensayos a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra de perfil laminado para uso en estructura metálica, tomada en obra, para la determinación del espesor del recubrimiento, según UNE-EN ISO 2808. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.

- **Criterio de medición en proyecto**

Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

- **Fases de ejecución**

Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.
Unidad de obra XMS020: Ensayo no destructivo sobre una unión soldada, mediante partículas magnéticas.

- **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

El ensayo mediante partículas magnéticas se realizará únicamente en materiales ferromagnéticos.

- **Características técnicas**

Ensayo no destructivo a realizar por laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una unión soldada en estructura metálica, mediante partículas magnéticas para la determinación de las imperfecciones superficiales de la unión, según UNE-EN ISO 17638. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.

- **Criterio de medición en proyecto**

Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

- **Fases de ejecución**

Desplazamiento a obra. Realización del ensayo. Redacción de informe del resultado del ensayo realizado.

- **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el número de ensayos realizados por laboratorio acreditado según especificaciones de Proyecto.

2.3. Prescripciones sobre verificaciones en la obra terminada

2.3.1. Estructuras

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, al entrar en carga se comprobará visualmente su eficaz comportamiento, verificando que no se producen deformaciones no previstas en el proyecto ni aparecen grietas en los elementos estructurales.

En caso contrario y cuando se aprecie algún problema, se deben realizar pruebas de carga, cuyo coste será a cargo de la empresa constructora, para evaluar la seguridad de la estructura, en su totalidad o de una parte de ella. Estas pruebas de carga se realizarán de

acuerdo con un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de las pruebas, por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente.

2.4. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

El correspondiente Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, contendrá las siguientes prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de la obra:

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra

o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTO

ÍNDICE DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Código	Descripción	Cantidad (m2)	Precio unidad	Importe
1.1	**Limpieza del terreno**: realización de trabajos de limpieza y retirada de maleza localizada en la parcela mediante maquinaria. Se incluye tanto el transporte de la maquinaria como el retiro de la maleza de la parcela y posterior vertido en el vertedero. **Tamaño parcela: 6m x 6m**	36	3,2	115,20 €
			Importe	115,20 €

Importe total	115,20 €

2. CIMENTACIONES

Código	Descripción	Cantidad (m3)	Precio unidad	Importe
2.1	**Excavación para cimentaciones:** realización de todo el sistema de excavación para la realización de las cimentaciones de la nave. Se incluye el transporte de la maquinaria como retiro de la tierra sobrante resultante de excavación.			
	4 zapatas centradas: 1,05m x 1,05m x 0,4m	1,764	62,3	109,90 €
	4 vigas de atado: 3m x 0,4m x 0,4m	1,920		119,62 €
			Importe	229,52€

Código	Descripción	Cantidad (m3)	Precio unidad	Importe
2.2	**Hormigón de limpieza:** precio de hormigón de limpieza incluyendo vertido del mismo en las excavaciones. Formación de una capa de 0,1 metros.			
	4 zapatas centradas: 1,05m x 1,05m x 0,1m	0,11	230	25,30 €
	4 vigas de atado: 3m x 0,4m x 0,1m	0,12		27,76 €
			Importe	52,90 €

Código	Descripción	Cantidad (m3)	Precio unidad	Importe
2.3	**Hormigón HA-25:** precio de hormigón HA-25 incluyendo vertido del mismo sobre el hormigón de limpieza.			
	4 zapatas centradas: 1,05m x 1,05m x 0,3m	0,33	250	82,50 €
	4 vigas de atado: 3m x 0,4m x 0,3m	0,36		90,00 €
			Importe	172,5 €

Código	Descripción	Cantidad (m3)	Precio unidad	Importe
2.4	**Acero B400S para armado de cimentaciones:** precio de las barras corrugadas de diámetro 10mm y longitud 400mm, incluyendo su colocación, ajuste y nivelación en obra.			
	4 pernos de anclaje por zapata	16	14,3	228,80 €
			Importe	228,80 €

Importe total	683,72 €

3. ESTRUCTURA

Código	Descripción	Cantidad (kg)	Precio unidad	Importe
3.1	**Placas de anclaje:** precio de las placas de anclaje, incluyendo el suministro, montaje, soldaduras y aplicación de pintura anticorrosiva, además de los despuntes producidos en la obtención de la geometría de la pieza. Material S275JR			
	4 placas de anclaje: 250mm x 250mm x 14mm	28	4,6	128,88 €
			Importe	128,88 €

Código	Descripción	Cantidad (kg)	Precio unidad	Importe
3.2	**Pilares de perfil HEB160:** precio de los pilares, incluyendo el suministro, montaje, soldaduras y aplicación de pintura anticorrosiva, además de los despuntes producidos en la obtención de la longitud del perfil. Material S275JR			
	4 pilares HEB160 de longitud 3 m/ud y peso de 42,6 kg/m	511,2	4,6	2.351,52 €
			Importe	2.351,52 €

Código	Descripción	Cantidad (kg)	Precio unidad	Importe
3.3	**Vigas perimetrales de perfil IPE240:** precio de las vigas, incluyendo el suministro, montaje, soldaduras y aplicación de pintura anticorrosiva, además de los despuntes producidos en la obtención de la longitud del perfil. Material S275JR			
	4 vigas IPE240 de longitud 3 m/ud y peso de 30,7kg/m	368,4	4,6	1.694,64 €
			Importe	1.694,64 €

Código	Descripción	Cantidad (kg)	Precio unidad	Importe
3.4	**Vigas centrales de perfil IPE200:** precio de las vigas, incluyendo el suministro, montaje, soldaduras y aplicación de pintura anticorrosiva, además de los despuntes producidos en la obtención de la longitud del perfil. Material S275JR			
	1 viga IPE200 de longitud 3 m/ud y peso de 22,4kg/m	67,20	4,6	309,12 €
	2 vigas IPE200 de longitud 1,5 m/ud y peso de 22,4kg/m	67,20		309,12 €
			Importe	618,24 €

Importe total	4.793,28 €

4. TANQUE

Código	Descripción	Cantidad (kg)	Precio unidad	Importe
4.1	**Chapa que conforma el tanque:** precio de la chapa, incluyendo el suministro de la chapa, soldaduras realizadas durante el ensamblaje de todas las chapas que constituyen el tanque y aplicación de pintura anticorrosiva, además de los despuntes producidos en la obtención de la longitud del perfil. Material S275JR			
	Chapa de la virola. Espesor 25mm. Área que la conforma: 33m2 y peso de 200kg/m2	6.600	4,6	30.360 €
	Chapa del fondo. Espesor 25mm. Área que la conforma: 7,1m2 y peso de 200kg/m2	1.420		6.532 €
	Chapa de la cubierta. Espesor 25mm. Área que la conforma: 7,9m2 y peso de 200kg/m2	1.580		7.268 €
			Importe	44.160 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio unidad	Importe
4.2	**Ensamblaje del tanque con la estructura:** precio del transporte del tanque hasta el emplazamiento y ensamblaje en campo, incluyendo todas las uniones soldadas o atornilladas entre el tanque y la estructura, además de los posibles imprevistos.	1	1.500	1.500 €
			Importe	1.500 €

Importe total	45.660 €

5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulo	Importe
5. Acondicionamiento del terreno	115,20 €
6. Cimentaciones	683,72 €
7. Estructura	4.793,28 €
8. Tanque	45.660€
Presupuesto de ejecución de material (PEM)	51.252,20 €
13% de gastos generales	6.662,79 €
6% de beneficio industrial	3.075,13 €
Suma	60.990,12 €
21% de IVA	12.807,93 €
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	73.798,05 €

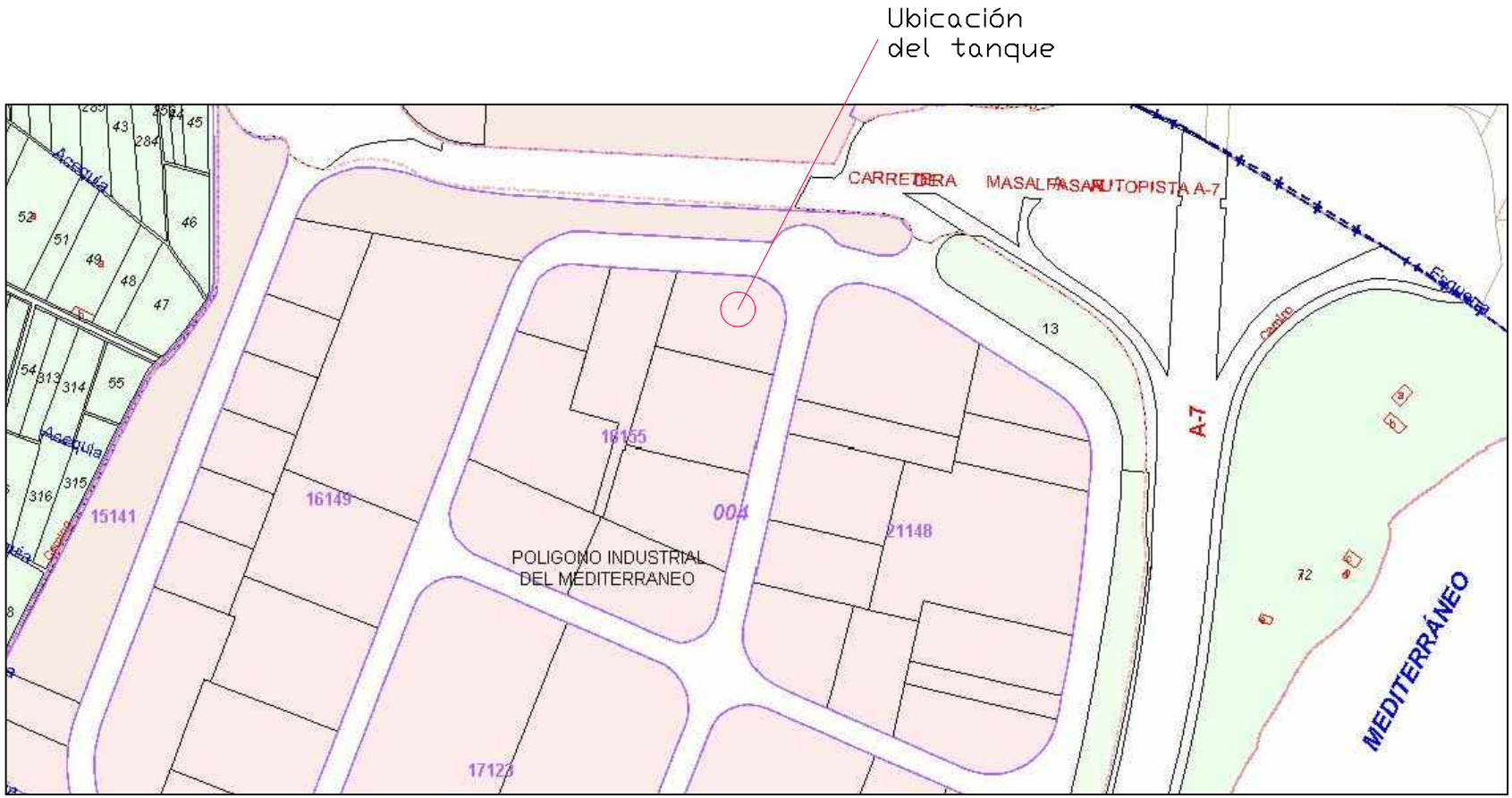
El presupuesto asciende a la cantidad de:

SETENTA Y TRES MIL SETECIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS

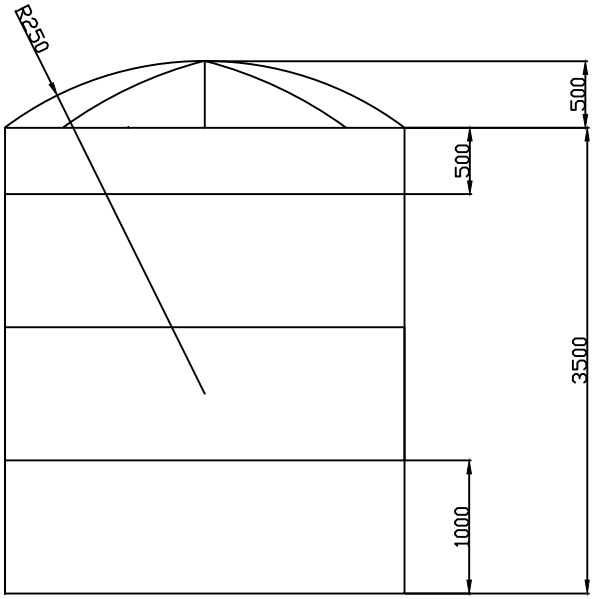
73.798,05 €

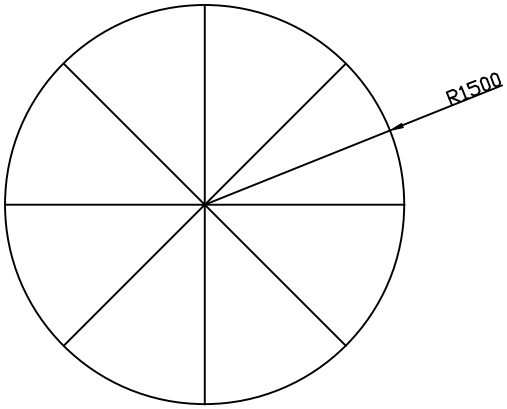
DOCUMENTO V:
PLANOS

ÍNDICE DE LOS PLANOS



Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá	
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:	
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN	
Título del plano: Plano de emplazamiento		Nº PROYECTO: Proyecto_001	
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_001	Tamaño: A4
Fecha: 28/06/2017		UNIVERSITAT JAUME·I	UNIDAD DIMENSIONAL: mm
Escala: 1:50000			

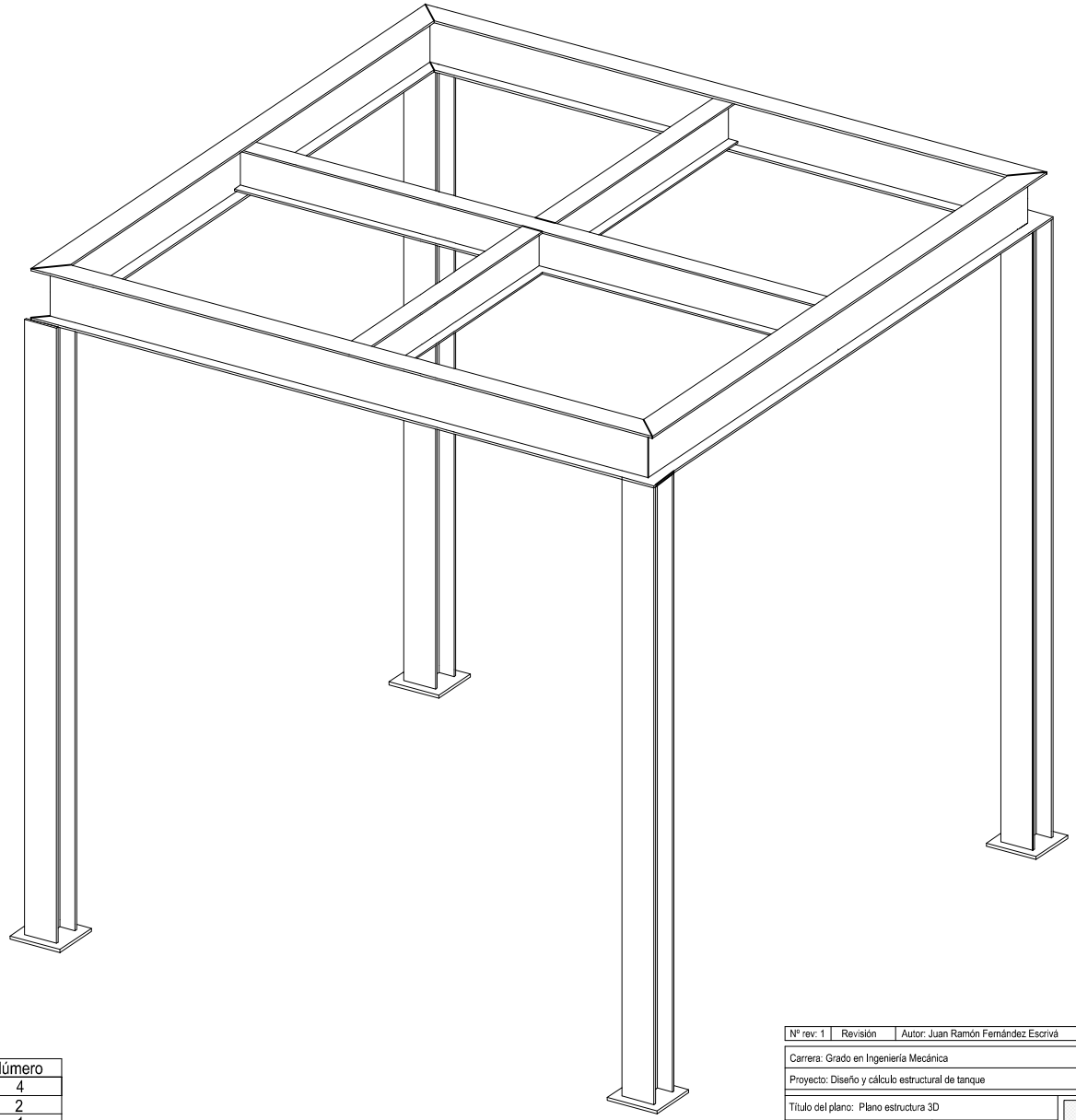




Parte	Descripción	Espesor
TK0003	Chapa cubierta	25
TK0002	Chapa virola	25
TK0001	Chapa fondo	25

Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN
Título del plano: Tanque		Nº PROYECTO: Proyecto_001
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_002
Fecha: 28/06/2017		Tamaño: A4
Escala: 1:60		UNIDAD DIMENSIONAL: mm

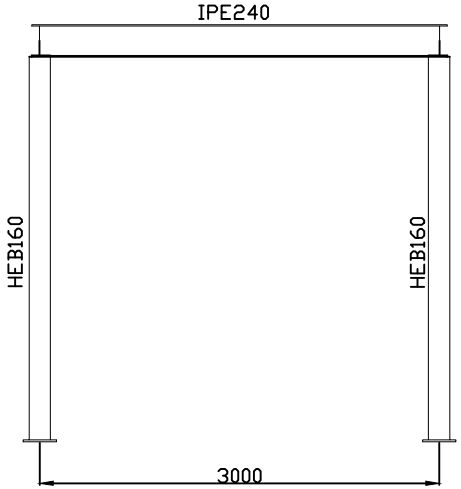
UNIVERSITAT JAUME·I

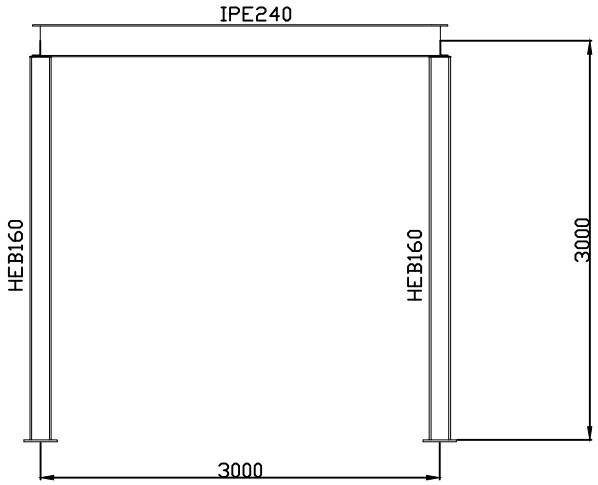


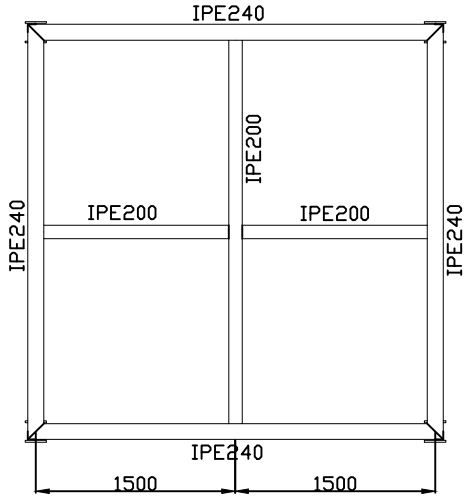
Parte	Perfil	Longitud	Número
ST0005	CHAPA 14	250*250	4
ST0004	IPE200	1500	2
ST0003	IPE200	3000	1
ST0002	IPE240	3000	4
ST0001	HEB160	3000	4
		Número total:	15

Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá	
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:	
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN	
Título del plano: Plano estructura 3D		Nº PROYECTO: Proyecto_001	
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_003	Tamaño: A4
Fecha: 28/06/2017		UNIDAD DIMENTIONAL: mm	
Escala: 1:30			

UNIVERSITAT JAUME·I



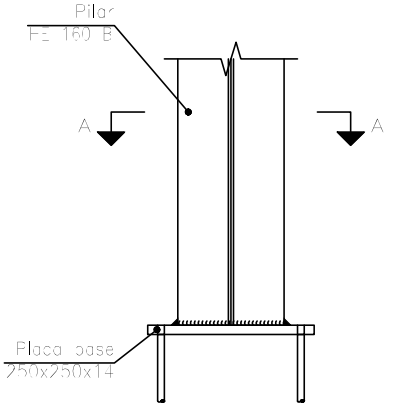




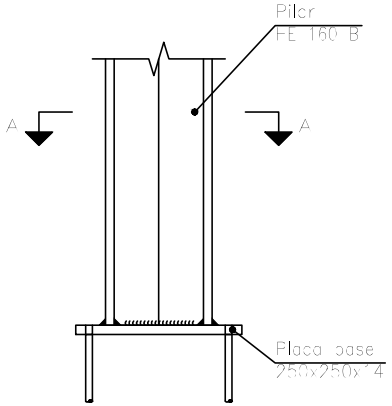
Parte	Perfil	Longitud	Número
ST0005	CHAPA 14	250*250	4
ST0004	IPE200	1500	2
ST0003	IPE200	3000	1
ST0002	IPE240	3000	4
ST0001	HEB160	3000	4
		Número total:	15

Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN
Título del plano: Estructura		Nº PROYECTO: Proyecto_001
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_004
Fecha: 28/06/2017		Tamaño: A4
Escala: 1:60		UNIDAD DIMENSIONAL: mm

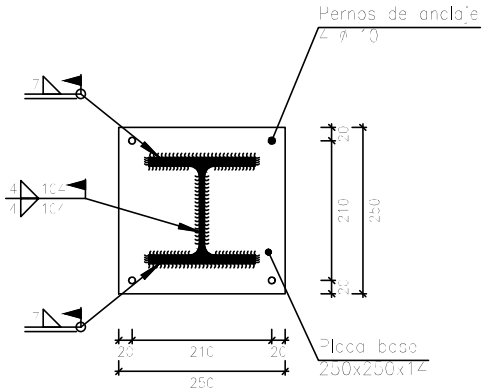
UNIVERSITAT JAUME·I



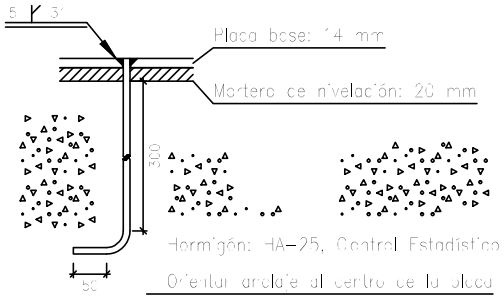
Alzado



Vista lateral



Sección A – A

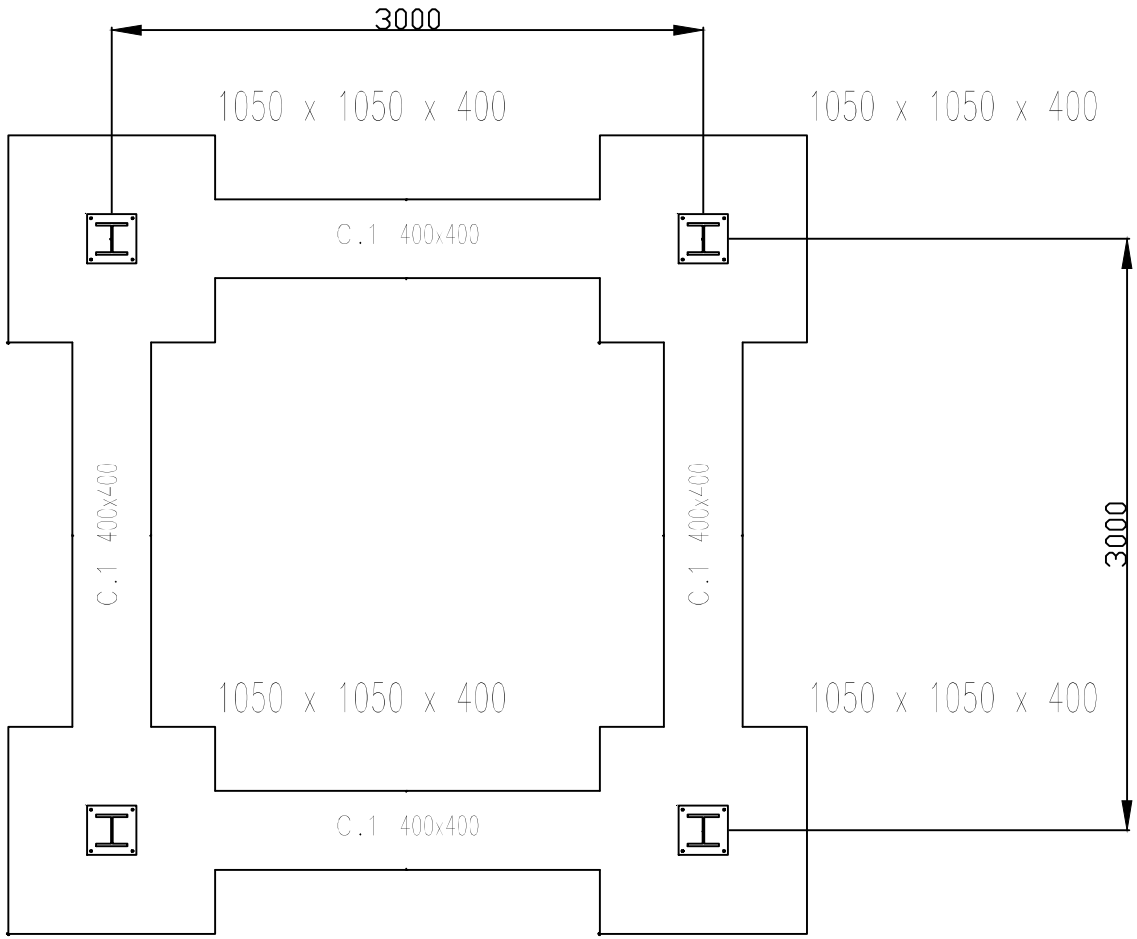


Anclaje de los pernos Ø 10,
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)

	Perfil	Longitud	Número
ST0006	PERNOS D=10	400	16
ST0005	CHAPA 14	250X250	4
		Número total:	20

Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN
Título del plano: Detalle de las placas de anclaje		Nº PROYECTO: Proyecto_001
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_005
Fecha: 28/06/2017		Tamaño: A4
Escala: 1:10		UNIDAD DIMENSIONAL: mm

UNIVERSITAT JAUME·I

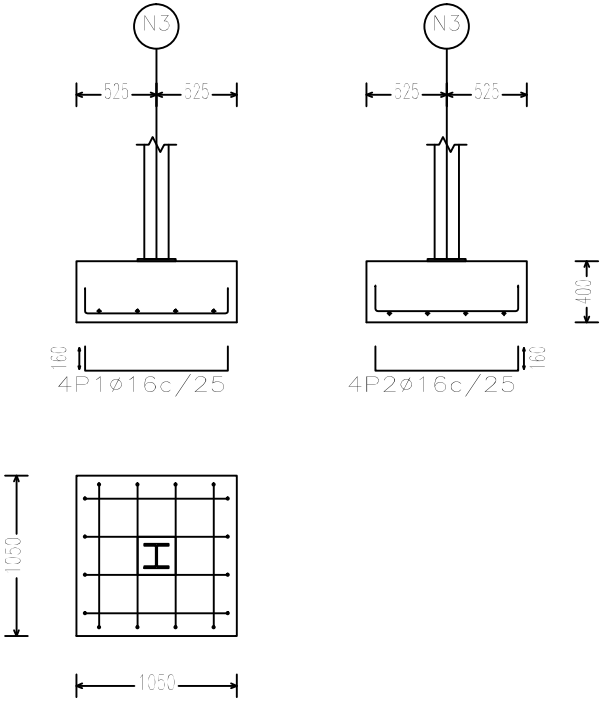


Parte	Descripción	Dimensión	Número
CM0002	VIGAS DE ATADO 400	3000x400	4
CM0001	ZAPATAS 400	1050X1050	4
		Número total:	8

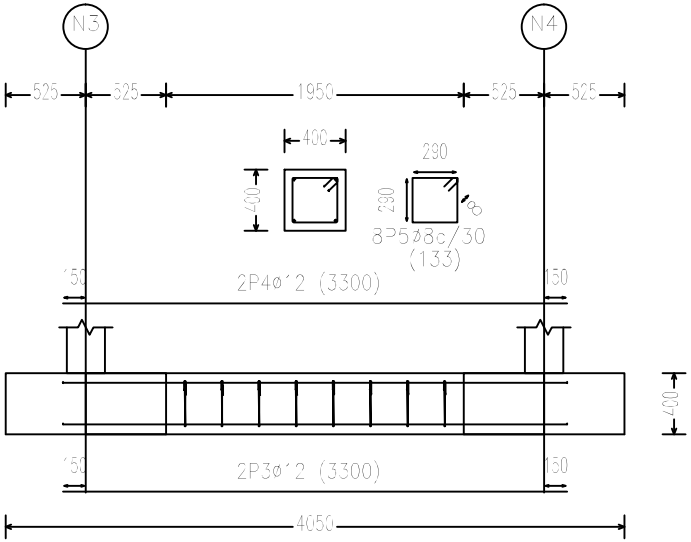
Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN
Título del plano: Planta de cimentaciones		Nº PROYECTO: Proyecto_001
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_006
Fecha: 28/06/2017		Tamaño: A4
Escala: 1:40		UNIDAD DIMENSIONAL: mm

UNIVERSITAT JAUME·I

N3, N4, N2 y N1



C [N3-N4], C [N4-N1], C [N1-N2] y C [N2-N3]



Nº rev: 1	Revisión	Autor: Juan Ramón Fernández Escrivá	
Carrera: Grado en Ingeniería Mecánica		Constructor:	
Proyecto: Diseño y cálculo estructural de tanque		PROYECCIÓN	
Título del plano: Detalle cimentaciones		Nº PROYECTO: Proyecto_001	
Material: S275JR		DIBUJO: Plano_007	Tamaño: A4
Fecha: 28/06/2017		UNIDAD DIMENSIONAL: mm	
Escala: 1:50			

UNIVERSITAT JAUME·I